

**VŠB – Technická univerzita OSTRAVA**

**Fakulta strojní**

**Katedra mechanické technologie**

**Racionalizace procesů výroby olejových hadic**

**Rationalization of the Production Process of Oil Hoses**

Student:

Bc. Martin Pavlásek

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Josef Novák, CSc.

Ostrava 2016

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Pavlásek**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 10 Technologický management  
Téma: **Racionalizace procesu výroby olejových hadic**  
**Rationalization of the Production Process of Oil Hoses**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu výroby hadic, včetně řízení.
2. Posouzení současného stavu z hlediska produkce i celkového řízení.
3. Návrh nového, případně variantního procesu.
4. Celkové zhodnocení vypracované diplomové práce.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NOVÁK, J. *Organizace a řízení*. VŠB-TU Ostrava, 2006. 105 s. ISBN 80-248-1223-1.  
[2] NOVÁK, J. *Racionalizace výroby*. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. URL: <http://www.fs.vsb.cz/europrojekty/414/racionalizace-vyroby.pdf>.  
[3] NOVÁK, J. *Organizace a řízení*. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. URL: <http://www.fs.vsb.cz/europrojekty/414/organizace-a-řízení.pdf>.  
[4] KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETA, B., MATUZEK, J. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina, 2000. 398 s. ISBN:80-7100-553-3.  
[5] SMETANA, J. *Projektování technologických pracovišť*. Ostrava, 1990. 191 s. ISBN 80-7078-033-9.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Josef Novák, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



  
doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Mistopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 16. května 2016

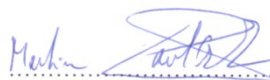


podpis studenta

**Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16. května 2016



Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Martin Pavlásek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Trnák 808/10

72400 Ostrava 24

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PAVLÁSEK, M. *Racionalizace procesu výroby olejových hadic: Diplomová práce*, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 70 s. Vedoucí práce: Novák, J.

Diplomová práce se zabývá racionalizací procesu výroby pryžových olejových hadic. V úvodu práce je popsána funkce olejových hadic v automobilu a materiálů, ze kterých se vyrábí. V další části popisují stávající proces výroby polotovaru hadic a samotný proces formování. Analyzují využitelnost strojů, kapacitu výroby a hledám úzké místo. Dále navrhuji opatření ke snížení nákladů na výrobek. V této práci jsou graficky znázorněny úspory nákladů na mzdy, režie a materiál u jednotlivých operací a konečný efekt v standardních a variabilních nákladech u formovaného kusu.

## ANNOTATION OF THESIS

PAVLÁSEK, M. *Rationalization of the Production Process of Oil Hoses: Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of mechanical technology, 2016, 70 pages. Thesis head: Novák, J.

The Thesis is focused on rationalization of the production process of oil hoses. The introduction describes function of oil hoses in the car and materials, which is produced. Next chapter describe the existing process of production semiproduct hose and process of forming. Analyze machine availability, capacity of production and seeking a bottleneck. Meantime, I suggest measures for cost reduction of product. In this thesis are graphically presented cost reduction on wages, overheads and materials for each operation and the final effect in standard and variable costs at formed piece.

## Obsah

I. Úvod .....	8
II. Analýza současného stavu výroby hadic, včetně řízení .....	14
2.1. Technologický postup výroby polotovaru hadice pro formování.....	14
2.1.1. Extruze 1. vrstvy s materiálem Vamac(AEM).....	16
2.1.2. Oplétání.....	18
2.1.3. Extruze vnější vrstvy.....	21
2.1.4. Extruze krycí vrstvy TPX.....	21
2.1.5. Vulkanizace.....	23
2.1.6. Loupání.....	24
2.1.7. Vytlačování.....	24
2.1.8. Tlakový test.....	24
2.1.9. Balení.....	25
2.1.10. Tlakový test dusíkem.....	25
2.1.11. Finální balení.....	26
2.2. Technologický postup formování hadice.....	26
2.2.1. Sekání.....	28
2.2.2. Nasazení rovných hadic na nerezové trny.....	28
2.2.3. Vulkanizace.....	29
2.2.4. Praní.....	30
2.2.5. Sušení.....	30
2.2.6. Kontrola tvaru a potisk znaků pro montáž.....	30
2.2.7. Potisk a kontrola potisku.....	31
2.2.8. Balení.....	32
III. Posouzení současného stavu z hlediska produkce a řízení .....	32
3.1. Využitelnost strojů, kapacita výroby a úzké místo u polotovaru pro formování.....	32
3.1.1. Extruze 1. vrstvy s materiálem Vamac (AEM).....	33

3.1.2. Oplety vláknem.....	34
<u>3.1.3. Extruze vnější vrstvy a TPX .....</u>	<u>35</u>
<u>3.1.4. Vulkanizace .....</u>	<u>36</u>
<u>3.1.5. Loupání .....</u>	<u>37</u>
<u>3.1.6. Vytlačování .....</u>	<u>38</u>
<u>3.1.7. Tlakový test a balení .....</u>	<u>39</u>
<u>3.1.8. Vyhodnocení kapacity výroby u výroby polotovaru .....</u>	<u>40</u>
<u>3.2. Využitelnost strojů, kapacita výroby a úzké místo u formovaných hadic .....</u>	<u>41</u>
3.2.1. Vulkanizace v horkovzdušné peci.....	42
3.2.2. Polštářkový potisk.....	43
3.2.3. Potisk číslem dílu.....	43
IV. Návrh opatření ke snížení nákladu na výrobek.....	44
<u>4.1. Kalkulace, variabilní, fixní a standardní náklady .....</u>	<u>43</u>
4.2. Extruze 1. vnitřní vrstvy.....	48
4.3. Oplétání.....	52
4.4. Extruze vnější vrstvy a TPX.....	56
4.5. Loupání.....	59
4.6. Vytlačování.....	59
4.7. Balení.....	60
4.8. Sekání.....	61
4.9 Formování.....	62
V. Celkové zhodnocení.....	<u>63</u>
VI. Závěr.....	65
Seznam použitých pramenů.....	68
Seznam obrázků.....	67
Seznam tabulek.....	68
Seznam příloh.....	69

# I. Úvod

Tato diplomová práce se věnuje problematice výroby tlakových olejových hadic používaných v automobilovém průmyslu. Konkrétně typu ToC (transmission oil cooler) hadice. Tyto hadice propojují chladič oleje se skříní automatické převodovky. Zaměříme se na racionalizaci výroby s cílem maximalizace úspory nákladů na výrobek. Ale také na materiálový rozbor výrobku a možné úspory v této oblasti.

Hadice používané pro vedení oleje jsou obecně definovány obecnou materiálovou normou ASTM D2000/SAE 200. Z této normy dále vycházejí podnikové normy konkrétního zákazníka např. Audi (VW TL 524 05, VW TL 820 48B), BMW (GS 930 10, QV 17005) a Daimler Benz (DBL 6257.72). Tyto hadice se používají jako propojovací mezi automatickou převodovkou a chladičem oleje. Hadice jsou specifické rozsahem teplotního požadavku zákazníka od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $150^{\circ}\text{C}$ , krátkodobě až  $175^{\circ}\text{C}$ . Málokterá pryž je schopna toto teplotní rozmezí splnit. Americká společnost DuPont má pro tento způsob užití patentovaný základový kaučuk s obchodním názvem Vamac. Častěji se však setkáme se zkratkou AEM - Ethylen-akrylátový kaučuk.

Němečtí zákazníci požadují také vysokou odolnost vůči tlaku. Zkouška tlakem roztržením předepisuje minimální výdrž 150Bar. Pracovní tlak je 30Bar. Je zde kladen mimořádný důraz na jakost a spolehlivost. V případě poruchy je vozidlo neschopno další jízdy. Z výše uvedených důvodů se používá jako vyztužení hadice tzv. opleť. Používá aramidové vlákno, které je odolné vysoké teplotě a zároveň má vysokou pevnost v tahu. U vlákna firmy DuPont známý jako Kevlar je pevnost v tahu = 338N pro 1670dtex.[1]

Současný problém dodavatelů je příliš vysoká cena hadic. Zákazník požaduje hadice s vysokou odolností a spolehlivostí, ale není ochoten akceptovat prodejní cenu. V kapitole II. (Analýza současného stavu výroby hadic, včetně řízení) se budeme zabývat detailněji strukturou nákladů na výrobek. Naznačíme, jak se tvoří kalkulace na konkrétní výrobek a v kapitole III. (Posouzení současného stavu z hlediska řízení) budu rozebírat procentní efektivitu u jednotlivých operací. Vše kolem snižování nákladů bude zaměřeno na nejčastěji používaný rozměr v automobilovém průmyslu a



tou je ½' coulová hadice neboli hadice o vnitřním průměru 12,2 +/-0,2mm . A vnějšího průměru 19,2 +/- 0,3mm.

Zákazník pro výrobce hadic není přímo automobilka, ale tzv. coupler. V češtině bychom použili slovní spojení ten, který spojuje (armuje) více částí dohromady. Do automobilky se dostává již hotový díl, který se většinou montuje utažením 2-3šroubů. Samotné armování neprovádí z důvodu úspory času. Pro představu obrázek dílu viz obr 1.



**Obr. 1 – Formovaná armovaná hadice**

**Zdroj:** *produktový katalog společnosti Maflow s.35*

V kapitole IV(Celkové zhodnocení) uvedu přehledný souhrn možných opatření k snížení ceny produktu a jak velké úspory bych dosáhl po racionalizaci výroby. Taktéž směr, kterým se mohou vyvíjet jednání s automobilkami. Německé automobilky jsou velmi konzervativní a v současnosti používají pouze hadice na olej vyrobené z AEM tedy Vamacu. Protože tento materiál je patentován pouze u společnosti DuPont a nemá tak konkurenci, cena kaučuku je vysoká a pryž, ze které vyrábíme hadici tvoří přes 50% nákladů na výrobek. Detailnější rozbor uvedu v dalších kapitolách.

Výrobní portfolio společnosti nejsou jen olejové hadice a uvedu tedy přehled výrobků, které se v automobilech používají. Výrobky se dělí podle média, které přenášejí. Propojení jednotlivých agregátů a zařízení v automobilu zajišťují hadice a ocelová či hliníková potrubí. Ohýbána a formována do rozličných tvarů jak je vidět na obrázku 1. Konstruktor v automobilce řeší zástavbu jednotlivých jednotek jako je chladič, klimatizační jednotka nebo chladič oleje automatické převodovky. Samotnému propojení už se nepřikládá taková důležitost a výrobce formovaných hadic se musí přizpůsobit požadovaným tvarům, které jsou náročné na výrobu.

Portfolio vyráběných hadic:

- hadice chlazení
- palivové hadice
- hadice motorového oleje
- hadice automatické převodovky
- klimatizační hadice
- hadice pro SCR vstřikování tzv. AdBlue
- brzdové hadice
- hadice pro ostřikovače

V tabulce 1 pro přehlednost uvádím, jak se jednotlivé hadice liší materiálem, tak i výrobou.

Typ hadice	chlazení	palivo	moto- rový olej	převodovka	klimatizace	Adblue	brzdové	ostřikovače
mat. 1.vnitř. vrstva	EPDM	FKM	NBR nebo AEM	AEM	CR	EPDM	FKM	PVC
mat. 2.vnitř. vrstva	-	NBR	-	-	PA	-	NBR	-
mat. 3.vnitř. vrstva	-	-	-	-	NBR	-	-	-
mat. vnější vrstva	EPDM	ACM nebo NBR	NBR nebo AEM	AEM	EPDM	EPDM	EPDM nebo PVC (barva)	-
mat. opletu	PES, PA	aramid	aramid	aramid	PES nebo PA	PES + Cu drát výhřevu	nerezový oplet	není
<b>Operace ve výrobním procesu</b>								
extruze 1.vnitř. vrstva	+	+	+	+	+	+	+	+
extruze 2.vnitř. vrstva	-	+	-	-	+	-	+	-

Typ hadice	chla- zení	palivo	moto- rový olej	převo- dovka	klima- tizace	Ad blue	brzdo- vé	ostříko- vače
oplet	+	+	+	+	+	+	+	-
extruze 2.vrstv	+	+	+	+	+	+	+	-
TPX krytí	-	-	+	+	-	-	-	-
1. vulka- nizace	+	+	+	+	+	+	+	-
loupání	-	-	+	+	-	-	-	-
vytla- čování	+	+	+	+	+	+	+	-
2. vulka- nizace	+	-	+	+	+	-	+	-
tlakový test	+	+	+	+	+	+	+	+
balení svítky	+	+	+	+	+	+	+	-
sekání	-	+	-	+	+	+	-	-

Typ hadice	chla-zení	palivo	moto-rový olej	převo-dovka	klima-tizace	Ad blue	brzdo-vé	ostříko-vače
praní	-	-	+	+	+	-	-	-
potisk	+	+	+	+	+	+	+	+

**Tab. 1. Výrobní portfolio hadic s přehledem použitých materiálů a operací**

Portfolio hadic je obsáhlé a dále se budu věnovat jen hadicím pro automatické převodovky. Hadicím z materiálu AEM tedy etylen-akrylátovým známým jako Vamac. Tyto hadice představují ve výrobním závodě z hlediska tržeb nejmarginálnější portfolio výrobku a finanční přidaná hodnota je v práci lidí, kteří hadice formují na nerezových trnech. Rovné hadice, které se dodávají ve svitcích lze vyrobit prakticky za stejnou cenu kdekoli na světě. Závody v USA jsou schopny při svých velkých výrobních blocích konkurovat náklady i tzv. low cost country neboli nízkonákladovým zemím jako jsou země bývalého východního bloku a Asie. U formovaných hadic toto neplatí z důvodu vysoké ceny lidské práce ve vyspělých zemích. V této práci budu detailněji analyzovat výrobek z hlediska materiálové úspory, technologické úspory, úspory výrobních času, zvyšování produktivity a snížení režijních nákladů.

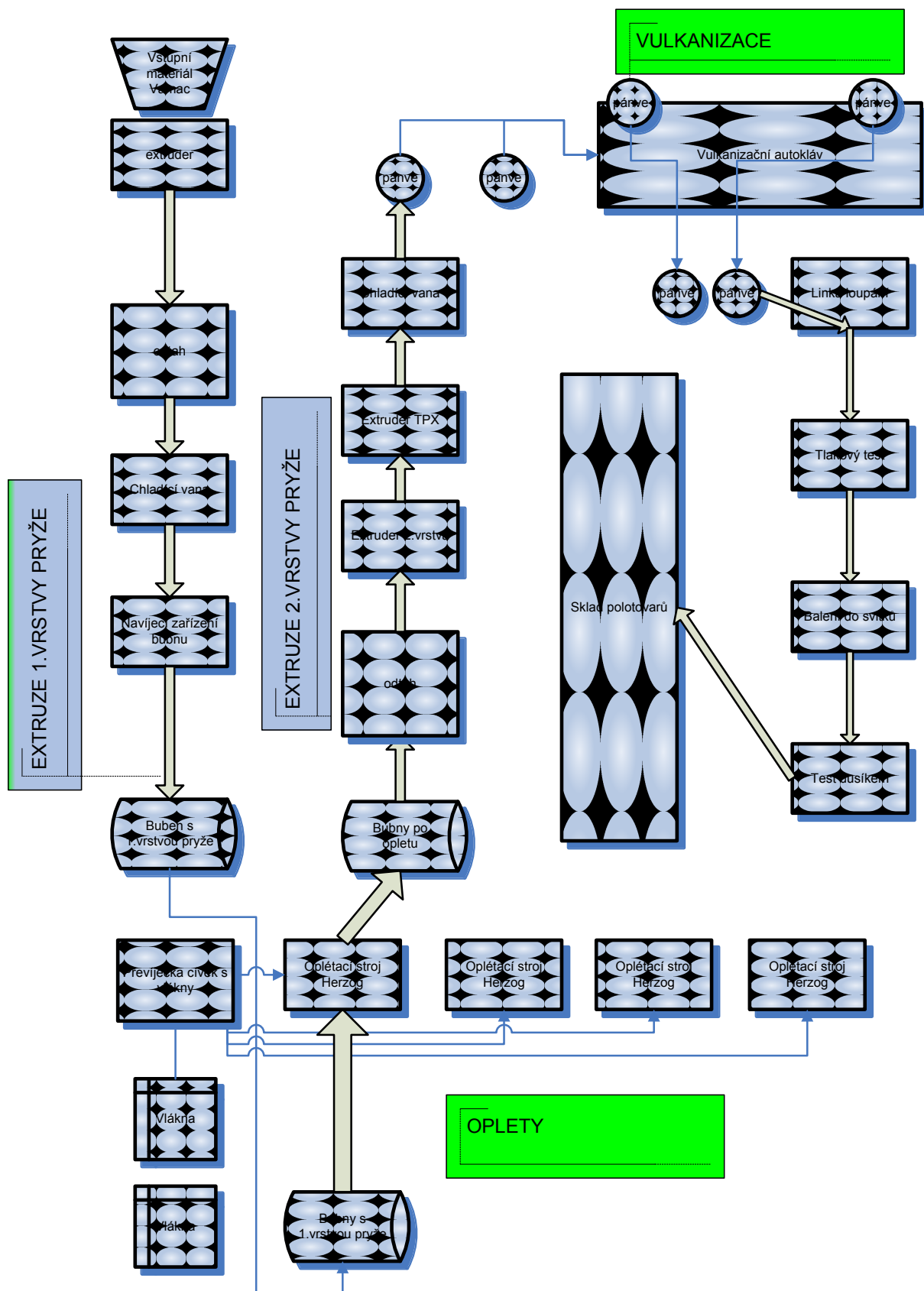
## **II. Analýza současného stavu výroby hadic, včetně řízení**

### **2.1. Technologický postup výroby polotovaru hadice pro formování**

V této kapitole popisují stávající výrobu polotovaru hadice, která se po krátkém navulkanizování dále zpracovává. Seká se na požadované délky a dále se formuje na nerezových trnech. Pro názornost přikládám i výrobní technologický postup viz Příloha 1. Červeně označená pole musí pracovník nastavit a kontrolovat, modře označená pole jsou typy nástrojů, které operátor musí použít.

Přehled jednotlivých operací výroby hadice:

- 1) Extruze 1. vrstvy pryže
- 2) Opletání
- 3) Extruze 2. vrstvy pryže
- 4) Vnější krytí termoplastem TPX
- 5) Vulkanizace
- 6) Loupání
- 7) Vytlačování
- 8) Kontrola a tlakový test vodou
- 9) Balení
- 10) Tlakový test dusíkem
- 11) Finální balení pro následné zpracování



Obr. 2 – Schéma výroby hadic

### 2.1.1. Extruze 1. vrstvy s materiálem Vamac (AEM)

Vamac je dodáván v páscích nebo granulích. Pro vhodnější manipulaci volíme pásy uložené na paletě. Výhoda oproti granulaci je v jednorázovém naplnění extruderu. Operátor pouze navede pásek do šneku a dále se o plnění nemusí starat. Je však nutné instalovat hlásič, který po zpracování pásu upozorní operátora hlasitým zvukovým signálem. Ten z připravené druhé palety navede opět pásek do šneku.

Operátor může nastavovat vytlačovací teploty hlavy a rychlost otáčení šneku. Čím rychleji se šnek otáčí, tím linka vyrábí rychleji. Rychlost linky je samozřejmě klíčový parametr pro zvýšení produktivity a snížení nákladů na metr vyrobené hadice. Musíme nalézt optimální poměr mezi rychlostí linky a teplotami na extruderu. Vyšší rychlost znamená vyšší teploty, které mají své limity.

Dodavatel specifikuje a garantuje zpracovatelské vlastnosti pryže, které se měří na vulkanizačních laboratorních zařízeních. Hlavní parametr je bezpečnost směsi t5 značeno t5/145°C. Je to doba za jakou z vulkanizuje pryž při teplotě 145°C. V praxi se tento parametr pohybuje v rozmezí od 2 do 4,5 minuty. Další parametr zpracovatelnosti je minimální viskozita Mooney při 145°C značená ML(1+4)/145°C. „Hodnota viskozity Mooney ML(1+4) je kroutící moment, který po předehřevu 1 min. a 4 min. měření definuje jak je směs hustá v průběhu vulkanizace“ [2]. Čím vyšší číslo, tím je viskozita směsi vyšší a směs je hůře zpracovatelná.

Hlavou extruderu prochází pryžový trn, na který se nanáší vrstva pryže a po vytlačení se horká pryž zchlazuje v chladicích vanách a na konci linky se namotává na přepravní buben pro další operaci oplétání.

Operace extruze 1. vrstvy je velmi důležitá z hlediska kvality a odolnosti výsledného produktu. Pokud je vrstva příliš tenká mohou malé vnitřní defekty (kaverny) či sazové vměstky způsobit protržení vnitřní vrstvy hadice a tím okamžitou poruchu automobilu. Může se to stát i po řádně provedených tlakových zkouškách. Vada se projeví až po několika tisících kilometrech. Hledat úsporu v menší tloušťce vnitřní vrstvy pryže je příliš riskantní. Materiál by měl také být prvotřídní jakosti, jelikož olej působí přímo na pryž.





**Obr. 3 – extruder Krauss Maffei Berstorff pro vytlačování**

**Zdroj:** <http://www.kraussmaffeiberstorff.com/en/hose-fabrication-systems.html>

Lidský faktor hraje v extruzi velkou roli.

Pracovní postup operátora extruze:

- navezení vstupního materiálu Vamac - 10min
- spojit trny spojkami po vymotání bubnu – 20min.
- nastavit mazací zařízení lubrikantu – 5min.
- kontrola správného plnění extruderu – každých 15min.
- kontrola otáček extruderu v návaznosti na kontrolní zkoušku tloušťky extrudované vrstvy a koncentricitu – každých 15min.
- nastavení polohy chladících ofuků – 5min.
- zapnout čerpadlo vodního chlazení – 1min.
- kontrola navíjení bubnu viz obr. 3 – každých 30min.
- odvoz bubnu na pracoviště opletu – 5min.



**Obr. 4 – Navíjecí zařízení s bubnem**

### **2.1.2. Oplétání**

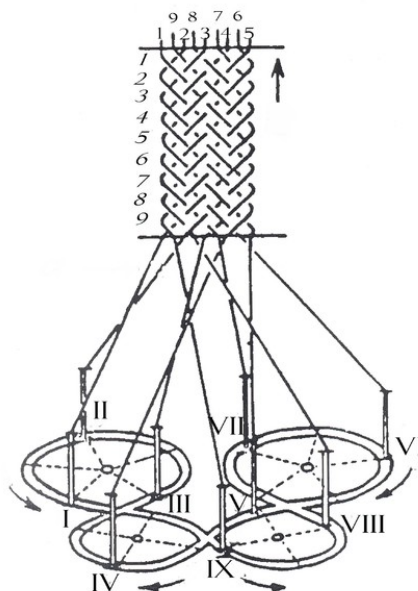
Oplétání je alfou a omegou výroby hadic. Vhodně zvolená geometrie opletu stanovuje tlakové parametry hadice. Materiál oplétacího vlákna stanovuje teplotní odolnost celkového výrobku. Aramid má teplotní odolnost 427°- 482°C[1] a vysokou pevností v tahu. Proto se používá u olejových hadic do automatických převodovek. Při řazení dochází k dynamickým rázům a vysoká teplota materiál velmi namáhá.

Další aspekt, který je nutno brát v úvahu je samotná vulkanizace hadic při formování. Teplota uvnitř vulkanizační pece není všude stejná. Na začátku vulkanizace se pec musí nahřát. V místech výdechů kudy proudí horký vzduch pro ohřev, dosahuje teplota až 300°C přestože nastavení pece je na požadovanou teplotu 175°C. Odolné aramidové vlákno s touto teplotou nemá nejmenší problém. Např. polyamidové vlákno s teplotou tání kolem 220°C se rozteče a degraduje. Tento problém lze eliminovat prodloužením doby ohřevu pece, což má negativní vliv na produktivitu.

Pracovní postup operátora oplétání:

- navezení bubnu po extruzi 1.vrstvy - 10min
- vložit unášec dle výrobního technologického postupu – 10min.
- vložit a nastavit cívky s vláknem Kevlar 16811 – 35min.
- kontrola závitů na 38mm – každých 5min.
- nastavit převod na 24:28 – 5min.
- nastavení bubnu, spuštění pohonu otáčení a zavedení opleteného začátku hadice – 10min.
- zaznamenat datum a čas opletení do výrobního postupu
- odvoz bubnu na pracoviště extruze 2. vrstvy – 5min.

Oplétání je většinou realizováno na oplétacích strojích značek Herzog, Karg nebo Wardwell. Tyto tři firmy jsou jedny z největších producentů oplétacích strojů s více než stoletou historií.



**Obr. 5 – Princip oplétání hadice 1 vlákno s 9 cívkami**

**Zdroj:** <https://cs.wikipedia.org/wiki/Spl%C3%A9t%C3%A1n%C3%AD#Literatura>

Tyto stroje oplétají hadice v horizontální nebo vertikální poloze. Z mých zkušeností je horizontální oplétací stroj Herzog velice přesný a spolehlivý, avšak pomalý. Používá se hlavně pro oplety problematických velkých průměrů.

Stroje Wardwell jsou principiálně rychlejší, jelikož nerotují cívky s vláknem na rameni kolem hadice, ale jsou upevněny na talíři, který se otáčí kolem polotovaru hadice.

Na pracovišti opletu se převíjejí na malé cívky vlákna z velkých cívek. Dodavatel přízí je schopen převíjet na menší cívky již v USA, ale cenově je toto velice nezajímavé. Konstrukce hadice lze optimalizovat a takto uspořit nemalé náklady na příze. Často se stává, že zákazník chce rychle prototypové vzorky hadice a technolog dle výpočtu navrhne konstrukci hadice, ale pro jistotu ji nechá vyrobít odolnější, aby se nemusela výroba opakovat. Hlavní faktor je zde čas a zákazník většinou velmi spěchá. Předimenzovaná hadice je pak příliš drahá a je nutno postupně optimalizovat oplétací geometrii.



**Obr. 6 – Oplétací stroj Karg 24 HX s vysokou produktivitou**

Zdroj: <http://kargcorp.com/24HX-Braiding-Machine-Prodview.html>

Na obrázku 6 je moderní 24 cívkový oplétací stroj značky Karg. Tento stroj je jeden z nejrychlejších oplétacích strojů na trhu a dosahuje velmi vysoké produktivity ve výrobě.

### **2.1.3. Extruze vnější vrstvy**

Polotovar po opletu operátor převezí do vyhrazeného prostoru extruze, navede trn s opletem do odtahovacího zařízení, skrz hlavu extruderu pro nanesení 2. vrstvy pryže AEM.

Po nanesení vrstvy pryže hadici potiskujeme dle požadavku zákazníka a pro naši identifikaci meziprojektu ve výrobním závodě. Opět musí provést operátor dle výrobní instrukce. Používá se standardní potisk inkoustem a odvalovací kolo měří vzdálenost pro opakování potisku.

### **2.1.4. Extruze krycí vrstvy TPX**

Nanesení TPX je použito z důvodu dokonalého vzhledu hadice. Hadice je lesklá bez povrchových vad a ve srovnání s jinými technologiemi ochrany vnějšího pláště hadice se jedná z hlediska kosmetického o nejsofistikovanější technologii. Nanesení TPX vrstvy, však nemá vliv na výdrž hadice (jaký max. tlak hadice vydrží), ale pouze se jedná o kosmetické řešení. Toto řešení nám prodražuje výrobu a ubírá výrobní kapacity závodu z důvodu nutnosti loupání hadice a následné drcení TPX pro znovupoužití.

Taktéž cena TPX je vysoká. Problémy s logistikou z důvodu transportu z Japonska. Ochranný plast TPX od firmy Mitsui cca stojí 321Kč/kg. Výhoda je v opakované použitelnosti. Dle zkušeností lze u směsí se sírovou vulkanizací použít 20krát.

Polotovar se pak chladí v chladicí vaně se studenou vodou a operátor ukládá hadici na připravené pánve. Pánve se stohují na sebe a vysokozdvížným vozíkem přepravují k vulkanizačnímu autoklávu.

Pracovní postup operátora extruze 2. vrstvy a krytí:

- navezení opletených bubnů k lince - 10min
- spojit trny spojkami po vymotání bubnu – 20min.
- nastavit extruder dle technologického postupu – 20min.

- kontrola správného plnění extruderu – každých 15min.
- kontrola otáček extruderu v návaznosti na kontrolní zkoušku tloušťky extrudované vrstvy a koncentricitu – každých 15min.
- nastavení polohy chladících ofuků – 5min.
- zapnout čerpadlo vodního chlazení – 1min.
- nastavit rychlost otáčení pánve – 2min.
- 2. operátor navádí vyrobenou hadici na pánev, nesmí se hadice dotýkat



**Obr. 7 – Hadice po extruzi 2. vrstvy s barevným identifikačním potiskem**



### 2.1.5. Vulkanizace

Vulkanizace probíhá v tlakovém parním autoklávu. Pánve s hadicemi operátor vloží dovnitř a oprávněná osoba spustí program číslo 1 zahajující vulkanizaci. Pára dokonale zaplní celý prostor autoklávu a okamžitě začíná vulkanizace hadic. U Vamacu dodavatel doporučuje teplotu 145°C na 15min. pro hadice určené k dalšímu formování. U hadic, které jsou dodávány zákazníkovi jako rovné, a tedy neproběhne další manipulace s nimi, se doporučuje 145°C/30min před loupáním a poté následná úplná vulkanizace na 175°C/240min.

Výhoda autoklávu proti levnějšímu řešení klasické horkovzdušné pece je v přestupu tepla do polotovaru hadic a společně s tlakem velice příznivě vytváří vulkanizační podmínky. Nevýhoda je technologická náročnost a vysoké investice do zařízení. Nutnost vybudovat kotelnu s vyvíječem páry, regulace páry do autoklávu a samotný autokláv. Náklady na operátory jsou také vyšší z důvodu nutnosti mít na tomto pracovišti speciálně vyškolené osoby, které mohou obsluhovat tlakové zařízení. Každý rok je nutná revize zařízení včetně údržby. Cena za tuto údržbu se pohybuje kolem 200tis.Kč.



**Obr. 8 – Autokláv od české firmy ZVU Hradec Králové**

**Zdroj:**[http://www.zvuengineering.cz/cz/dodavatelsky\\_program/autoklavy\\_vulkanizacni\\_kotle/](http://www.zvuengineering.cz/cz/dodavatelsky_program/autoklavy_vulkanizacni_kotle/)

#### **2.1.6. Loupání**

Po vulkanizaci operátor pánve vyveze ven z výrobní haly. Hadice chladnou a nepáchnou ve výrobní hale. Hadice mají teplotu přes 100°C a uvolňují se z nich nebezpečné látky.

Po hodině se pánve převezou k pracovišti loupání. Operátor si odebírá z komínku pánví jeřábem jednotlivé pánve, pokládá na otočný stůl a navádí konec hadice s trnem do loupacího zařízení. Tloušťka termoplastu je pouze kolem 2,5-3,5mm. Operátor vybere nůž s označením 1,9mm a musí velice pečlivě seřadit nastavení loupací nože, aby nedošlo k prořezání i vnějšího pláště hadice. Takový produkt by byl určen k likvidaci.

Sloupnuté TPX se drtí a potrubním systémem je dopravováno zpět k pracovišti extruze. Vyloupané hadice jsou navíjeny na další volnou pánev a jeřábem přeloženy na pracoviště vytlačování.

#### **2.1.7. Vytlačování**

Konec hadice je napojen do vytlačovacího zařízení. Zařízení natlakuje vodou hadici s trnem a trn tlakem vody vyjíždí z hadice ven. Jde to snadno, pokud operátor na 1. operaci extruze vnitřní vrstvy nezanedbal dostatečné mazání hadice lubrikantem. Pokud trn nebyl dostatečně namazán, vytlačovací doba se může prodloužit až trojnásobně.

#### **2.1.8. Tlakový test**

Tlakový test je první a důležitou kontrolou kvality hadice. Hadice je připojena oběma konci k testovacímu zařízení viz obr. 9, voda vyplní prostor hadice a po dosažení nastaveného tlaku 30barů (3MPa) testuje hadici po dobu 2minut. Tlak nesmí klesnout. Pokud klesá, hadice je poškozena, operátor musí identifikovat místo odkud voda uniká a toto místo vystříhnout. U velmi malých vad, jako jsou mikroskopické



dírky, vodní test není schopen tyto vady odhalit, proto se z důvodu 100% jistoty provádí po operaci balení test ve vodní lázni.



**Obr. 9 – Kontrolní zařízení tlakového testu**

**Zdroj:** [www.rarelektro.cz](http://www.rarelektro.cz)

### **2.1.9. Balení**

Pracoviště balení hadic je samostatné pracoviště a proto hadice bez trnů, které byly vytlačeny na pracovišti vytlačování se ručním jeřábem s pávní přemístí na otočný stůl a operátor konec hadice navede do odtahovacího zařízení s kolem měřící odtaženou délkou. Operátor namotává hadici do svitků s maximální délkou 25metrů a to z důvodu hmotnosti svitků a ukládá do plastové bedny. Po naplnění bedny převezve hadice k dalšímu kontrolnímu testu.

### **2. 1. 10. Tlakový test dusíkem**

Hadice jsou plněny dusíkem  $N_2$ . Molekuly dusíku jsou schopny proniknout i nejmenšími trhlinami a pod vodou lze snadno identifikovat místo vady. Nejideálnější

je použití vzácného a drahého plynu Argonu. Jeho hustota je velmi nízká a je schopen proniknout i těmi nejmenšími vadami. Z důvodu vysoké ceny se však nepoužívá.

## **2. 1. 11. Finální balení**

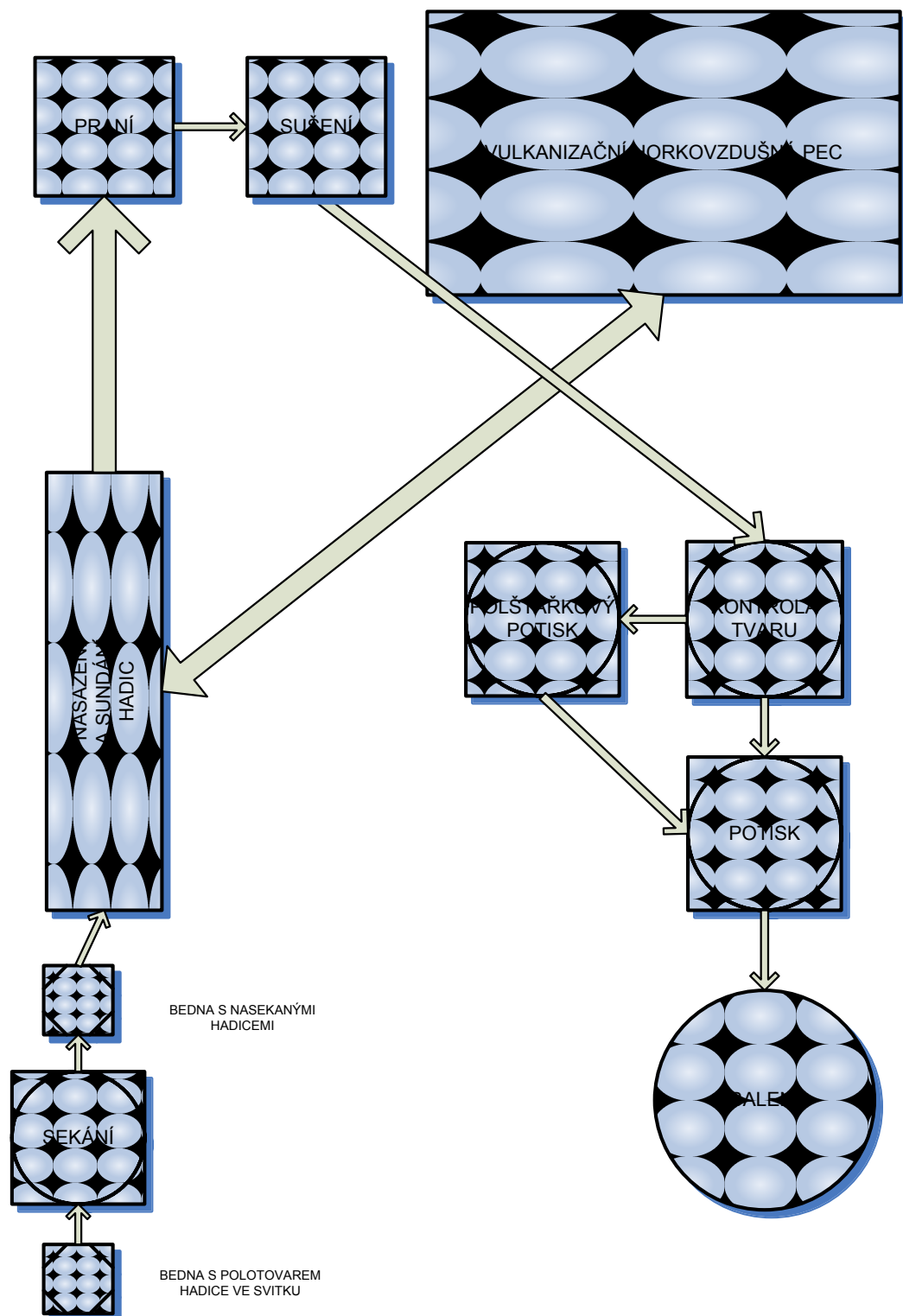
Hadice po testování jsou označeny zeleným štítkem OK a přesunuty na uskladnění. V další fázi tyto ne zcela zvulkanizované hadice budou formovány na požadované tvary.

## **2.2. Technologický postup formování hadice**

V motorovém prostoru automobilu je mnoho formovaných hadic různých délek a např. pro jeden typ vozidla resp. motoru je požadováno 10 olejových hadic. Různorodost a podobnost je velká a celý souhrn operací pracoviště formování je náročný.

Přehled jednotlivých operací výroby formované hadice:

- 1) Sekání
- 2) Nasazení na nerezové trny
- 3) Vulkanizace
- 4) Praní
- 5) Sušení
- 6) Kontrola tvaru a potisk znaku pro montáž
- 7) Potisk číslem dílu a kontrola potisku
- 8) Balení



**Obr. 10 – Schéma výroby formovaných hadic**

### 2.2.1. Sekání

Dle objednávek zákazníka jsou hadice sekány v automatické sekačce na požadované délky. A uskladněny do beden pro následující operaci nasazení hadice na trny. Operátor nasekané kusy ručně ukládá do bedny a poté přesouvá bedny na pracoviště formování.



**Obr. 11 – Sekačka Gillard pro přesné a automatické sekání hadic**

Zdroj: <http://www.subterplus.cz/cs/menu/stroje/pryz/extruze/gillard/sekacky/>

### 2.2.2. Nasazení rovných hadic na nerezové trny

Operátor hadice nasazuje na připravené trny uchycené na vulkanizačním vozíku. Před nasazením trny potřísni lubrikantem KM 244F od firmy Shinetsu. Je důležité používat správný a odzkoušený lubrikant, jelikož některé způsobují chemickou migraci do struktury ne úplně zvulkanizované pryže a cca po 14 dnech od výroby produktu tyto lubrikanty migrují zpět na povrch. Tento problém spustí planý poplach na výstupní kontrole v automobilce, která se domnívá, že je v systému netěsnost.

Hadice po vulkanizaci se tzv. „přípeče“ a není snadné ji stáhnout. Dostatečné množství lubrikantu je nutností.



**Obr. 12 – Ukázka nerezového trnu**

**Zdroj:** <http://www.invelplus.cz/produkty-a-sluzby/mandrely/>

### **2.2.3. Vulkanizace**

Operátoři zatlačí vulkanizační vozík do horkovzdušné pece a spustí vulkanizační program. Výrobce Vamacu společnost Dupont doporučuje dobu vulkanizace 5hodin při 175°C. Tato doba je ještě prodloužena hodinovým najížděním pece, jelikož pec vychladne, než operátoři sundají hadice. Hadice po vulkanizaci zchlazujeme ve vodní sprše a ihned za tepla stahujeme z vulkanizačního stojanu do připravených pytlů. Snažíme se zachovat logiku při stahování a do jednoho pytle vkládáme pouze jeden typ výrobku.

#### **2.2.4. Praní**

Hadice pereme a sušíme. Zákazník je velmi citlivý na čistotu výrobku a množství zbytků v hadici nesmí přesáhnout 2mg na m<sup>2</sup>. Z provedených zkušebních testů je doporučené prání 50kg hadic po dobu 20minut v teplotě 60°C. Lze použít průmyslové pračky s velkou výdrží, jako jsou pračky od společnosti Primus, Milnor nebo velmi levné pračky italského výrobce IMESA distribuované firmou Meron.

#### **2.2.5. Sušení**

Hadice po vyprání a vytažení z pračky mají teplotu kolem 50°C a po vysypání do připravených beden samy na povrchu oschnou, ale z důvodů savosti opletu se část vody dostává do opletu. Pokud bychom tuto kapalinu z opletu neodstranili po zaarmování u zákazníka by tato kapalina byla vytlačena ven a na zkoušce těsnosti by těsnost byla špatně vyhodnocena. Uniklá voda by zmátla automatický detektor kapaliny. Z tohoto důvodu je nutno hadice v bednách vložit do sušící pece a sušit po dobu 30minut na 80°C.

#### **2.2.6. Kontrola tvaru a potisk znaků pro montáž**

Každý výrobek prochází výstupní kontrolou. Použijeme kontrolní přípravky tvaru s kalibračními konci na kontrolu správného vnitřního průměru hadice.

V místech kde je nutný znak ve tvaru křížku (značka pro umístění spony pro pracoviště montáže v automobilce) operátor nanese tečku. Hadice potiskujeme inkoustem a ukládáme do bedny s odpovídajícím číslem dílu. Tyto znaky se tisknou na polštářkovém potisku. Jedná se o gumovou hlavu, která na sebe obtiskne znak z připraveného tiskového klišé a obtiskne tento znak na hadici. Jde o velmi zdoluhavou technologii a odolnost barvy není vysoká. Barva časem houstne, jak se odpařuje rozpouštědlo a hustší barva po zaschnutí neдрžší. Tato technologie potisku je velmi stará a z hlediska kvality a produktivity naprosto nevyhovující. Operátor tiskne rychlostí 600ks/hod.

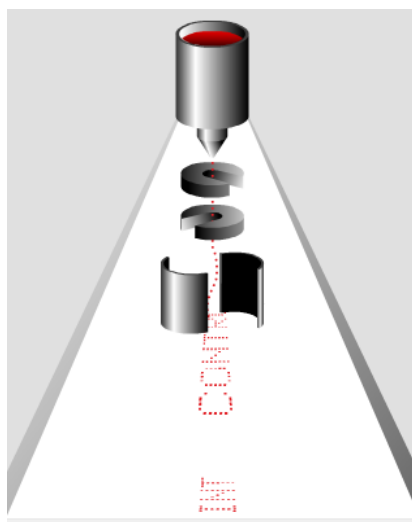


**Obr. 13 – Kontrolní přípravek formovaných hadic**

**Zdroj:** <http://www.dt-bautrade.cz/reference/meridla-pro-kontrolu-plechovych-a-plastovych-dilu-5/meridlo-tvaru-a-rozmeru-pryzove-hadice-49>

### **2.2.7. Potisk a kontrola potisku**

Lepší a výrazně modernější technologie je technologie potisku potiskovací hlavou. Počítač dávkuje v malých kapičkách inkoustu a uživatel může nastavovat i množství inkoustu. Velice spolehlivou a kvalitní jsou výrobky německé společnosti KBA Metronic. Problém je totiž teplota přes 35°C. Barva schne v trysce příliš rychle a začne vynechávat. V těchto případech je nutno volat servis a nastává zdržení ve výrobě přes 3 hodiny.



## Obr. 14 – Princip potisku potiskovací hlavou

**Zdroj:** <http://www.kba-metronic.com/en/search/?q=inkjet%20picture>

### 2.2.8. Balení

Zkontrolované a označené hadice číslem dílu a datem výroby balíme do připravených beden a expedujeme na sklad. Každý výrobek má dle technologického postupu předepsán počet kusů v bedně a hmotnost bedny. Operátor vše ukládá a balí ručně včetně popisu bedny číslem dílu. Práce je to zdlouhavá a pomalá. Za směnu zabalí přes 2500 kusů, tzn. 50 papírových krabic. Krabice se u zákazníka likvidují.

## III. Posouzení současného stavu z hlediska produkce a řízení

### 3.1. Využitelnost strojů, kapacita výroby a úzké místo u polotovaru pro formování

V této kapitole se zaměříme na nalezení problémových míst tzv. úzkých míst ve výrobě. Provedeme výpočet využitelnosti jednotlivých strojů a doporučíme nápravná opatření. Zjistíme současnou kapacitu výroby závodu a zaměříme se na její zvýšení.

#### Roční využitelný fond stroje[3]

$$T_{vyu\check{z}} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_o + t_p) * S * t_{SM} \text{ [hod/rok]}$$

$T_{vyu\check{z}}$  - roční využitelný časový fond

$t_k$  - počet kalendářních dnů v roce

$t_v$  - počet dnů nepracovních (volných)

S – průměrná denní směnnost (1 až 3)

$t_{SM}$  - počet hodin za směnu



$t_o$  - počet dnů oprav za rok

$t_p$  - počet dnů na další plánované přestávky

### Normy celkové kapacity[3]

$$Q_C = T_{vyu\check{z}} * V$$

$T_{vyu\check{z}}$  - roční využitelný časový fond

$V$  – výrobnost výrobního zařízení [m/hod.]

$$Q_C = \frac{T_{vyu\check{z}}}{P}$$

$P$  – pracnost výroby

#### 3.1.1. Extruze 1. vrstvy s materiálem Vamac (AEM)

Pro hadice do průměru půl palce je požadovaná rychlost extruzní linky 15m/min. V současném stavu je linka plně ovládána 1 až 2 operátory a to v případě najíždění, přehazování bubnů, které se neděje automaticky a také napojování trnů před extruzní linkou. Operátor také kontroluje průměr hadice ručně vystřížením kusu hadice po každých 15 minutách výroby.

$$T_{vyu\check{z}} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_o + t_p) * S * t_{SM}$$

$$T_{vyu\check{z} \text{ EXTRUDÉRU } 1} = (365 - 113) * 3 * 7,5 - (14 + 5) * 3 * 7,5$$

$$T_{vyu\check{z} \text{ EXTRUDÉRU } 1} = 5242,5 \text{ hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_{C \text{ EXTRUDÉRU } 1} = T_{vyu\check{z}} * V$$

$$Q_{C \text{ EXTRUDÉRU } 1} = 5242,5 * (15 * 60) , \text{ jelikož linka vyrábí } 15\text{m/min. a násobíme } 60\text{minutami}$$

$$Q_{C \text{ EXTRUDÉRU } 1} = 4718250\text{m/rok}$$

Roční výroba hadice je však ve skutečnosti daleko menší a to cca 3mil. metrů.

Tento fakt nás nutí k zamyšlení, kde je problém s kapacitami výroby a budeme se snažit provést taková opatření, která by zvedla kapacitu až o 50%.

### 3.1.2. Oplety vláknem

Na pracovišti oplétání hadic, kde se využívají pomalé, ale velmi spolehlivé oplétací stroje značky Herzog jsou velké prostoje z důvodu malé kapacity tohoto pracoviště. Z tohoto důvodu linka vnitřních vrstev nemůže produkovat větší množství metrů a pracovníci jsou využíváni na jiné operace ve výrobě. Zde je největší překážka pro plynulost výrobního procesu.

$$T_{vyu\check{z}} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_o + t_p) * S * t_{SM}$$

$$T_{vyu\check{z} \text{ OPLET}\check{U}} = (365 - 113) * 3 * 7,5 - (14 + 5) * 3 * 7,5$$

$$T_{vyu\check{z} \text{ OPLET}\check{U}} = 5242,5 \text{hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_{C \text{ OPLET}\check{U}} = T_{vyu\check{z}} * V$$

$Q_{C \text{ OPLET}\check{U}} = 5242,5 * (9,5 * 60)$  , jelikož V SOUČTU oplétací stroje vyrobí 9,5m/min.

$$Q_{C \text{ OPLET}\check{U}} = 2988225 \text{m/rok}$$

Porovnáme-li ROZDÍL kapacitního zatížení opletu versus extruze 1. vrstvy dostaneme:

$$\text{ROZDÍL} = Q_{C \text{ OPLET}\check{U}} - Q_{C \text{ EXTRUDÉRU1}}$$

$$\text{ROZDÍL} = 2988225 - 4718250 = -1730025 \text{m}$$

V této výrobní operaci je nutno věnovat oplétacím zařízením velkou pozornost a v kapitole Návrh nových řešení procesu se budeme podrobněji zabývat výběrem vhodných strojů pro oplet. Včetně peněžního vyjádření potenciální úspory na finální

formovaný výrobek. Pokud bychom tento rozdíl v kapacitách srovnali na nulu, mohla by výrobní kapacita závodu vzrůst o 72%! Pochopitelně tohoto výsledku můžeme dosáhnout v případě velkých investic do výrobního zařízení.

### 3.1.3. Extruze vnější vrstvy a TPX

U vnější vrstvy realizované po opletu nemusíme být tak striktně opatrní a intolerantní vůči povrchovým vadám. Tato vrstva neovlivňuje poruchovost a tlakovou výdrž hadice. Jedná se pouze o prvek ochranný vůči nečistotám v motorovém prostoru. Z tohoto důvodu zde mohou být použity pryže z předešlé dodávky materiálu.

Pro dokonalý vzhled je využíváno finální nanášení TPX vrstvy, jenž nemá vliv na výdrž hadice (jaký max. tlak hadice vydrží), ale pouze se jedná o kosmetické řešení. Po vulkanizaci je nutno hadice z tohoto plastu oloupat a to nese řadu problémů a prostojů.

$$T_{využ} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_o + t_p) * S * t_{SM}$$

$$T_{využ \text{ EXTRUDÉRU } 2} = (365 - 113) * 3 * 7,5 - (14 + 5) * 3 * 7,5$$

$$T_{využ \text{ EXTRUDÉRU } 2} = 5242,5 \text{hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_{C \text{ EXTRUDÉRU } 2} = T_{využ} * V$$

$$Q_{C \text{ EXTRUDÉRU } 2} = 5242,5 * (15 * 60) , \text{ jelikož linka vyrábí } 15\text{m/min. a násobíme } 60\text{minutami}$$

$$Q_{C \text{ EXTRUDÉRU } 2} = 4718250\text{m/rok}$$

Porovnáme-li ROZDÍL kapacitního zatížení extruze 1. vrstvy versus extruze 2. vrstvy dostaneme:

$$\text{ROZDÍL} = Q_{C \text{ OEXTRUDÉRU } 1} - Q_{C \text{ EXTRUDÉRU } 2}$$

$$\text{ROZDÍL} = 4718250 - 4718250 = 0\text{m} , \text{ jelikož linky vyrábějí stejnou rychlostí}$$

V kapitole IV. Návrh opatření ke snížení nákladů na výrobek uvádím, o kolik vyrobených metrů bychom byli schopni zvýšit kapacitu závodu, pokud zoptimalizujeme extruzi a nastavíme nové technologické podmínky pro vyšší rychlosti extruze, aby nedocházelo k výskytu defektů a kvalitativních vad.

### 3.1.4. Vulkanizace

Jsme omezeni objemem autoklávu a hlavně dobou plnění autoklávu párou. Je nutná 8 hodinová příprava pro začátek procesu vulkanizace. Operátor musí přijít v neděli na noční směnu, aby mohl proces vulkanizace začít v pondělí, ranní směnou. Páru vytváří plynový kotel, který spotřebovává plyn v hodnotě 120000Kč měsíčně. Je velmi neúspěšné po skončení páteční noční směny celý objem parního zásobníku vypustit do atmosféry bez jakéhokoliv užitku. Totéž se děje po ukončení vulkanizace a z kotle je cenné teplo bez užitku vypuštěno.

$$T_{vyu\check{z}} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_O + t_P) * S * t_{SM}$$

$$T_{vyu\check{z} \text{ AUTOKLÁVU}} = (365 - 113) * 3 * 7,5 - (14 + 1) * 3 * 7,5$$

$$T_{vyu\check{z} \text{ AUTOKLÁVU}} = 5332,5 \text{hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_C \text{ AUTOKLÁVU} = T_{vyu\check{z}} * V$$

$Q_C \text{ AUTOKLÁVU} = 5332,5 * 3000$ , jelikož kapacita je 20 pánví po 150 metrech hadice na jedné pánvi

$$Q_C \text{ AUTOKLÁVU} = 15997500 \text{m/rok}$$

Porovnáme-li ROZDÍL kapacitního zatížení extruze 2. vrstvy versus vulkanizace dostaneme:

$$\text{ROZDÍL} = Q_C \text{ OEXTRUDÉRU 2} - Q_C \text{ AUTOKLÁVU}$$

$$\text{ROZDÍL} = 4718250 - 15997500 = -11279250\text{m}$$

Na značném rozdílu 11mil. metrů mezi kapacitou extruderu a vulkanizace, vyhodnocuji v současné době kapacitu autoklávu jako dostatečnou. Pro rozšíření výrobní kapacity se budu proto soustředit hlavně na pracoviště opletu a extruze.

U autoklávu budu řešit pouze investici pro snížení nákladů na energie, tedy reže. Z důvodu bezpečnostních předpisů není možno pracovníka obsluhující autokláv eliminovat, ale v průběhu vulkanizace bude provádět testy hadic dusíkem (proces kapitoly 2. 1. 10). Nelze také opomenout náklady na údržbu ve výši 200tis.Kč ročně. Volbou nového dodavatele lze tyto náklady snížit. Současný dodavatel Armatury Group patří mezi nejdražší na trhu.

### 3.1.5. Loupání

Využitelnost pracoviště loupání a jeho kapacita závisí na zkušenostech operátora. Proto zde pracují nejzkušenější operátoři. Jedná se o velmi náročnou operaci, jelikož je zde velké riziko proříznutí hadice loupacím nožem. Technologickou úpravou nože s vymezením však zabráníme proříznutí a výpočet bude tedy:

$$T_{využ} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_O + t_P) * S * t_{SM}$$

$$T_{využ\ LOUPÁNÍ} = (365 - 113) * 3 * 7,5 - (2 + 1) * 3 * 7,5$$

$$T_{využ\ LOUPÁNÍ} = 5602,5\text{hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_{C\ LOUPÁNÍ} = T_{využ} * V$$

$$Q_{C\ LOUPÁNÍ} = 5602,5 * 2000 , \text{ jelikož kapacita je 2000 metrů hadice za hodinu}$$

$$Q_{C\ LOUPÁNÍ} = 11205000\text{m/rok}$$

Porovnáme-li ROZDÍL kapacitního zatížení extruze 2. vrstvy versus loupání dostaneme:

$$\text{ROZDÍL} = Q_{C\ OEXTRUDÉRU\ 2} - Q_{C\ LOUPÁNÍ}$$

$$\text{ROZDÍL} = 4718250 - 11205000 = -6486750\text{m}$$

Na pracovišti loupání není kapacitní problém a i po investici do oplétacího stroje nevznikne úzké místo. Optimalizace v tomto procesu zaměřím na snížení režii, jelikož se na tomto pracovišti používá elektrický předehřev tunelem a operátor po skončení loupání jedné výrobní dávky odchází na pracoviště extruze namotávat hadice na pánev, dochází k zbytečnému vytápění tunelu. Pracovníci z operace formování na něm suší rukavice a toto se děje i přes víkendový provoz formingu. Tunely spotřebují 60kWh tzn. asi 2000Kč za hodinu.

### 3.1.6. Vytlačování

$$T_{vyu\check{z}} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_o + t_p) * S * t_{SM}$$

$$T_{vyu\check{z}} \text{ VYTLAČOVÁNÍ} = (365 - 113) * 3 * 7,5 - (1 + 1) * 3 * 7,5$$

$$T_{vyu\check{z}} \text{ VYTLAČOVÁNÍ} = 5625\text{hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_C \text{ VYTLAČOVÁNÍ} = T_{vyu\check{z}} * V$$

$$Q_C \text{ VYTLAČOVÁNÍ} = 5625 * 1000, \text{ jelikož kapacita je } 1000 \text{ metrů hadice za hodinu}$$

$$Q_C \text{ VYTLAČOVÁNÍ} = 5625000\text{m/rok}$$

Porovnáme-li ROZDÍL kapacitního zatížení extruze 2. vrstvy versus vytlačování dostaneme:

$$\text{ROZDÍL} = Q_C \text{ OEXTRUDÉRU 2} - Q_C \text{ VYTLAČOVÁNÍ}$$

$$\text{ROZDÍL} = 4718250 - 5625000 = -906750\text{m}$$

Pracoviště vytlačování má potřebnou kapacitu pro navýšení výroby a pro zrychlení výroby navrhuji zaměřit se na použití trnů, které jsou spojeny spojkami a zavulkanizovány ve vulkanizační formě. Pro každou extruzi budou připraveny stejné délky gumových trnů, které již nebude nutno spojovat ručně a využiji této výhody ke zrychlení výroby na extruzi 1. vrstvy.

### 3.1.7. Tlakový test a balení

U této operace operátor reportuje na konci směny počet metrů hadice, která byla zabalena a dává tedy informaci vedoucímu výroby o množství zabalených metrů. Je to hlavní parametr, který management sleduje každý den a pokud není splněn plán, musí zjistit příčinu.

Faktory ovlivňující balení hadic jsou:

- výskyt vad na tlakovém testu
- neplnění pracovních povinností operátora
- velké množství spojek mezi trny a tím časté zastavování navíjecího zařízení a nutnost balit malé svitky
- prodleva na předcházejících operacích z důvodu špatné organizace práce

$$T_{vyu\check{z}} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_o + t_p) * S * t_{SM}$$

$$T_{vyu\check{z} \text{ BALENÍ}} = (365 - 113) * 3 * 7,5 - (1 + 1) * 3 * 7,5$$

$$T_{vyu\check{z} \text{ BALENÍ}} = 5625 \text{hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_{C \text{ BALENÍ}} = T_{vyu\check{z}} * V$$

$$Q_{C \text{ BALENÍ}} = 5625 * 1000, \text{ jeliko\check{z} kapacita je 1000 metrů hadice za hodinu}$$

$$Q_{C \text{ BALENÍ}} = 5625000 \text{m/rok}$$

Porovnáme-li ROZDÍL kapacitního zatížení extruze 2. vrstvy versus balení dostaneme:

$$\text{ROZDÍL} = Q_{C \text{ OEXTRUDÉRU 2}} - Q_{C \text{ BALENÍ}}$$

$$\text{ROZDÍL} = 4718250 - 5625000 = -906750 \text{m}$$

Na pracovišti balení se zaměřím na online sledování navíjecího zařízení z důvodu časté nekázně operátorů. Často dochází k situacím, kdy si operátor tzv. šetří práci a nechce být po splnění výrobní dávky přesunut na jiné pracoviště.

### **3.1.8. Vyhodnocení kapacity výroby u výroby polotovaru**

U dalších operací tlakový test dusíkem a finální balení kapacitní problémy nejsou a tato pracoviště obsluhuje např. operátor obsluhující autokláv. Dle našich výpočtů jsme našli úzké místo v operaci opletů. Nejedná se jen o pomalost oplétání, ale i o potřebu velkého množství strojů, které byly v minulosti převedeny z jiných výrobních závodů a zabírají tak cenné výrobní metry ve výrobní hale.

Pro další rozvoj a navýšení výroby bude nutná investice do oplétacích strojů značky KARG nebo Wardwell. V kalkulaci na výrobek budeme porovnávat jednotlivé rychlosti oplétacích strojů a konečný důsledek na cenu 1metru hadice popř. kusu formovaného dílu. U stroje KARG se sice bude jednat o investici v minimální výši 2mil.Kč, ale přínos ve zvýšené kapacitě výroby bude okamžitě viditelný.



Operace	Extruze 1.vrstvy	Oplet	Extruze 2.vrstvy	Vulkanizace	Loupání	Vytlačování	Balení
Roční využitelný časový fond [hod.]	5242,5	5242,5	5242,5	5332,5	5602,5	5625	5625
Celková roční kapacita [mil.metrů]	4.718	2.988	4.718	15.997	11.205	5.625	5.625
Roční využitelnost při aktuálním výstupu 3mil.metrů [%]	63,6	99,6	63,6	18,8	26,8	53,3	53,3

**Tab. 2. Přehled roční využitelnosti časového fondu, roční celkové kapacity u jednotlivých operací a procentuální využitelnost při výstupu 3mil.metrů hadic**

### **3.2. Využitelnost strojů, kapacita výroby a úzké místo u formovaných hadic**

U operací na pracovišti formování jsou zařízení, která nám nejvíce ovlivňují kapacitu výroby a těmi jsou:

- vulkanizační horkovzdušná pec
- polštářkový potisk

- potisk čísla dílu

Zaměřím se jen na tyto operace, jelikož ostatní operace jsou s velkým podílem lidské práce a zvýšit výstup formovaných hadic například zhuštěním trnů na vozíku a tím zvýšit riziko poranění rukou operátora při stahování hadic, není žádoucí.

### 3.2.1. Vulkanizace v horkovzdušné peci

Vulkanizace je největší problém kapacity pracoviště formování. Proces trvá dlouho s najížděním pece a samotnou vulkanizací kolem 6 hodin. Doporučuji testy kratší doby vulkanizace. Lze dosáhnout snížení vulkanizačního času až na dobu 3 hodin. Samozřejmostí je nutnost provést veškeré materiálové testy produktu požadované zákazníkem.

U operace formování není již přepočít na metry, ale vyrobené kusy.

$$T_{vyu\check{z}} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_o + t_p) * S * t_{SM}$$

$$T_{vyu\check{z} PEC} = (365 - 40) * 3 * 7,5 - (1 + 1) * 3 * 7,5$$

$$T_{vyu\check{z} PEC} = 7267,5 \text{ hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_{C PEC} = T_{vyu\check{z}} * V$$

$Q_{C PEC} = 7267,5 * 333$  , jelikož kapacita je po přepočtu 2000ks v jedné výrobní dávce a ta trvá 6 hodin

$$Q_{C PEC} = 2420077 \text{ ks/rok}$$

Roční výroba formovaných hadic je na hranici odvolávek zákazníka, a aby vůbec byl zákazník termínově uspokojen, musí pracoviště formování vyrábět prakticky nepřetržitě mimo celozávodní dovolenou a vánoční svátky. Pracuje zde také mnoho operátorů. 6 osob na směnu tzn. celkem 24 operátorů. To je více jak polovina všech zaměstnanců včetně THP pracovníků. V kapitole navržených opatřeních se tomuto problému budu více věnovat a nastíním možnosti zvýšení produktivity.

### 3.2.2. Polštářkový potisk

U asi 10% produkce formovaných hadic jsou požadovány zákazníkem různé proužky, křížky, písmena L a R, tečky a značky. Vzhledem k ručnímu potiskovacímu zařízení je produktivita 600ks/hod. Pro potřeby závodu je tato kapacita dostatečná, ale nevýhodou je špatná kvalita potisku. Barva se loupe a nedrží na hadici. Proto tuto operaci zcela v navrhovaném opatření zruším a tedy nemá smysl počítat její kapacitu.

Instalací automatického otočného zařízení s potiskovací hlavou se vyhnou problémům s kvalitou a taktéž zvýším produktivitu na operaci potisku.

### 3.2.3. Potisk číslem dílu

Potisk je realizován na posouvacím stole viz kapitola 2.2.7. Operátor potiskne 720ks/hod.

$$T_{využ} = (t_k - t_v) * S * t_{SM} - (t_o + t_p) * S * t_{SM}$$

$$T_{využ POTISK2} = (365 - 40) * 3 * 7,5 - (1 + 1) * 3 * 7,5$$

$$T_{využ POTISK2} = 7267,5 \text{ hod.}$$

Normy celkové kapacity nyní

$$Q_C POTISK2 = T_{využ} * V$$

$$Q_C POTISK2 = 7267,5 * 720, \text{ jelikož potiskneme 720ks/hod.}$$

$$Q_C POTISK2 = 5232600 \text{ ks/rok}$$

## IV. Návrh opatření ke snížení nákladů na výrobek

### 4.1. Kalkulace, variabilní, fixní a standardní náklady

V této kapitole se budu věnovat konkrétní kalkulaci nákladů na 1000metrů půl palcové (hadice rozměru 12,2x19,2mm) hadice a dále pak na náklady spojené s dalším jejím zpracováním nutným k dokončení operace formování. Uvedu pár pojmů, které v kalkulaci využijeme. K tvorbě kalkulace používáme metodu rozdílové kalkulace. V kalkulační tabulce mluvíme o variabilních nákladech a standardních nákladech.

Každá operace má svoje nákladové středisko, které v systému SAP má ohodnocenou cenu jednotlivé operace. V praktickém příkladu budou tyto náklady uvedeny v tabulkách pro jednotlivé operace a srovnány s doporučeným opatřením.

**náklady:** významný ukazatel, který charakterizuje výrobní činnost podniku a technickoekonomickou úroveň výroby[3]

### **Nákladově řízené středisko**

Na nákladové středisko jsou umístěny náklady a toto středisko je za ně zodpovědné. Pokud aktivitu střediska nelze vyjádřit měřitelnými jednotkami, pak se skutečné náklady srovnávají s pevným rozpočtem. Nedochází zde k odchylkám vyprodukovaného množství od plánovaného. Jako příklad nákladového střediska s touto charakteristikou se uvádí režijní útvary správního charakteru. Pokud naopak k odchylkám výstupu dochází, pak se skutečné náklady srovnávají s rozpočtovými náklady, přepočtenými na skutečný výkon střediska. [7]

Existují dvě varianty přepočtení rozpočtových nákladů na skutečný výstup:[4]

- přepočteny jsou jen variabilní náklady vztažené k jednotce výstupu, fixní náklady jsou středisku uznány v úrovni určeného limitu. Tento způsob přepočtu se považuje za vhodný pro hierarchicky nižší nákladová střediska, jejichž činnost je jasně stanovena a cílem pro ně je hospodárné plnění zadaných úkolů. Můžeme tady v našem konkrétním případě zahrnout střediska údržby
- Přepočteny jsou veškeré náklady střediska. Využívá se u hierarchicky vyšších nákladových středisek, kde je účelné zvyšování výstupu či změna sortimentu.

Jako příklad lze uvést středisko extruze, opletů nebo balení.

### **Členění nákladů závislé na změnách objemu výroby a dle závislosti vzniku:**

- a) Variabilní náklady – náklady měnící se za určité období s růstem či poklesem výroby
- b) Fixní náklady – zůstávají v určitém období neměnné např. platba za nájem výrobní haly (v našem konkrétním případě 2400tis.Kč za rok)

### **Standardní náklady:**

Standardní náklady jsou důležitým prvkem nákladového účetnictví. Standardní náklady jsou obvykle spojeny s náklady výrobního podniku.

Přímého materiálu, přímých mezd a režii.

Většina amerických společností přiřazuje spíše očekávané nebo standardní náklady, než přiřazení skutečných nákladů na přímý materiál, přímé mzdy a výrobní režie na výrobek. To znamená, že zásoby podniku a náklady na prodané zboží vyjádříme částkami, které budou odrážet standardní náklady, nikoliv skutečné náklady na výrobek. Podnik samozřejmě stále musí zaplatit skutečné náklady na výrobek. Důsledkem tohoto jednání jsou rozdíly mezi skutečnými náklady a standardními náklady.

Tyto rozdíly vykazujeme jako odchylky tzv. variances (z anglického jazyka)[5] Metoda standardních nákladů a s ní související odchylky jsou cenným nástrojem pro řízení podniku. Vznikne-li odchylka, management se dozví, že výrobní náklady se liší od standardu (plánovaných předpokládaných) nákladů. Pokud jsou skutečné náklady vyšší, než standardní náklady, odchylka je nežádoucí. Nežádoucí odchylka managementu říká, že pokud vše ostatní zůstane konstantní, skutečný zisk společnosti bude nižší, než bylo plánováno.

Jestliže skutečné náklady jsou nižší, než standardní náklady odchylka je příznivá tedy žádoucí. Příznivá odchylka říká managementu, že pokud vše ostatní zůstane konstantní, skutečný zisk pravděpodobně překročí plánovaný zisk. Společnost bude tedy zisková.

Čím dříve účetní systém ohlásí odchylku, tím dříve vedení může nasměrovat svoji pozornost na rozdíl od plánované částky, kterou měli stanovenou ve svých plánech. Budeme-li předpokládat, že společnost používá inventární systém např. SAP, pak standardní náklady hotového výrobku jsou součtem standardních nákladů na vstupy:

- a) přímý materiál
- b) přímé mzdy
- c) výrobní režie: - variabilní výrobní režie  
- fixní výrobní režie

**Výrobní kalkulace:** slouží k výpočtu vlastních výrobních nákladů výroby tedy výrobní ceny výrobku.[13] Při kalkulaci výrobní ceny, používáme kalkulační členění nákladů výše uvedených, tzn. přímý materiál, přímé mzdy a režie.

**Kalkulační jednice:** určitý výkon vymezený měřicí jednotku (v našem příkladu metry, kusy). Při výrobě hadic si stanovíme počet vyrobených metrů za hodinu, pro oblast formování si stanovíme počet kusů za hodinu.

**Přímý materiál:** náklad byl určen nákupním oddělením, u našeho příkladu se týky materiálu Vamac, aramidového opletu a TPX termoplastu.

**Přímé mzdy:** U každé operace je uveden počet operátorů na dané operaci a jejich hodinová mzda zahrnující příplatky za práci v noci nebo přesčas

**Kalkulace neúplných nákladů:**

Kalkulujeme pouze variabilní náklady (VC) a variabilní režijní náklady. Zbývající fixní náklady považujeme za náklady, které je nutné vynaložit pro zajištění chodu podniku v určitém období. Do nákladů na výrobky je nepromítáme, ale zahrnujeme je do celkového výsledku období. Tedy u jednotlivých druhů výrobků se nezjišťuje zisk, ale pohlíží se na něj jako na výsledek činnosti podniku jako celku. Za přispívání k tvorbě výsledku hospodaření podniku se považuje rozdíl prodejní ceny výrobku a jeho variabilních nákladů, tedy příspěvek na úhradu fixních nákladů a zisku.[6]

kurz měn:

27 CZK/EUR

24 CZK/USD

VÝROBEK

SEMIPRODUKT HADICE 12,2X19,2MM

	VC	SC
CZK/1000m	69924	75536
EUR/1000m	2590	2798
material	62277	62277
režie	4053	9646
mzdy	3594	3613

vnitřní průměr, I.D.	mm	12,2	+/-	0,3
vnější průměr, O.D.	mm	19,2	+/-	0,4
trn	průměr v mm	12,2		

1.VRSTVA	compound	Vamac		
O.D.	mm	15,8		
plocha průřezu	mm2	79,17		
spotřeba	kg/1000m	101,335		
		hustota	1,280	g/cm3
přímý materiál	CZK/kg	198 Kč	7,35	EUR/kg
EXTRUDER 1 total CZK/1000m		21115,454		
odpad		5,00%		

OPLET		KEVLAR-B16810		
POČET CÍVEK	-	24		
POČET KONCŮ	-	2		
STOUPÁNÍ OPLETU	mm	40,00		
OPLÉTACÍ ÚHEL	neutral 54,733	51,748		
MAX.TLAK-VÝDRŽ	bar	373	faU	100%
	TS/elong/O.D.	346	3,0%	0,350
ROZMĚR OKNA / O.D.	mm	0,97	/	16,5
	kg/1000m	14,343		
		SG	185	g/1000m
přímý materiál	CZK/kg	993 Kč	37	EUR/kg
ET total CZK/1000m		15663,544		
odpad		10,00%		

2.VRSTVA	compound	VAMAC		
O.D.	mm	19,2		
plocha průřezu	mm2	87,60		
spotřeba	kg/1000m	110,381		
		SG	1,260	
přímý materiál	CZK/kg	198	7,35	EUR/kg
2.VRSTVA total CZK/1000m		23000,332		
odpad		5,00%		

**Tab. 3. Ukázka výpočtu variabilních (VC) a standardních (SC) nákladů na 1000metrů hadice před racionalizací**

Nákladové položky	Operace	Nákladové středisko	Náklady přepočteny na výrobu 1000m v Kč
REŽIE	EXTRUZE 1.VRSTVA	37800	979
	PŘEOPLÉTÁNÍ	37801	75
	OPLET	37802	421
	Spiralling		0
	EXTRUZE 2. VRSTVA+TPX	37803	683
	VULKANIZACE	37804	329
	LOUPÁNÍ	37805	312
	VYTLAČOVÁNÍ	37806	802
	BALENÍ	37807	451
MZDY	EXTRUZE 1.VRSTVA	39900	482
	PŘEVÍJENÍ	39901	
	OPLET	39902	439
	Spiralling		0
	EXTRUZE 2. VRSTVA+TPX	39903	517
	VULKANIZACE	39904	192
	LOUPÁNÍ	39905	590
	VYTLAČOVÁNÍ	39906	1060
	BALENÍ	39907	565

**Tab. 4. Ukázka skutečných nákladů na režie a mzdy ve výrobním podniku před racionalizací na 1000metrů hadice**

#### **4.2. Extruze 1. vnitřní vrstvy**

Vstupní materiál hraje u hadic určených pro olej velmi významnou roli a tvoří více než 70% nákladů na výrobek. Dle norem automobilek Volkswagen, Mercedes a BMW je nutno pro tyto hadice použít jediný schválený materiál a to AEM (etylen-akrylátový elastomer), který je prodáván firmou DuPont pod obchodním označením Vamac. V praxi si velké společnosti jako Continental nebo Trelleborg míchají gumárenské směsi sami a tím, výrazně sníží náklady na vstupní materiál. Když se podíváme do tabulky 1, zjistíme, že pro výrobu 1000 metrů hadice budeme potřebovat materiál v hodnotě 21115Kč.



procentuelní podíl materiálu Vamac na celkových standardních nákladech:

$$\frac{Ex1v}{SC} * 100 = \frac{21115}{75536} = 27,95\% \text{ tvoří cena nakoupeného materiálu Vamac}$$

*Ex1v* – Náklady na přímý materiál Vamac u operace extruze 1. vrstva

*SC* – celková výše standardních nákladů na 1000metrů hadice

Většina gumárenských společností v České republice, které nemají míchárenu směsí, nakupují materiál Vamac od dvou společností. A to Hexpol Compounding z Uničova a Trelleborg Lesina ze západočeské Lesiny u Chebu. Společnost nakupuje Vamac z Hexpolu za cenu 7,35EUR/kg. Při detailním pohledu v kalkulační tabulce vidíme členění nákladů na:

- materiál
- režie
- mzdy

U operace 1. vrstvy je náklad na 1000metrů hadice:

- materiál 21115 CZK/1000m
- režijní náklady 979 CZK/1000m
- náklady na zaměstnance 482 CZK/1000m

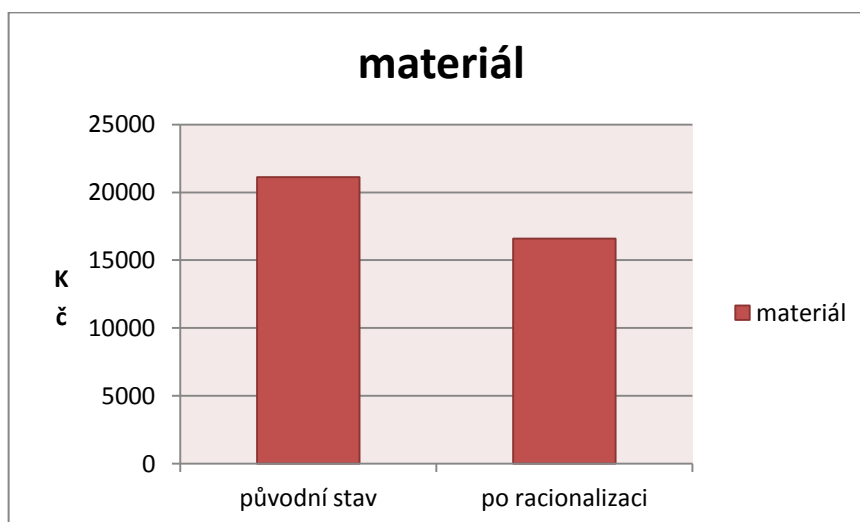
#### **Doporučené opatření vedoucí ke snížení nákladů u extruze 1. vrstvy:**

- investice ve výši 400tis.Kč do automatického navíjení bubnu a přeskupení bubnu po navíjení bubnu na maximální kapacitu, úspora času operátora 60min.
- optimalizace výrobních podmínek a zvýšení rychlosti linky o 20% na 18m/min.
- optimalizace směsi a upravení receptury Vamacu, zvýšení bezpečnosti směsi  $t_5$  o 1minutu
- investice do linky spojování trnů s vulkanizačním lisem 1mil.Kč
- investice do ultrazvukového měření tloušťky vrstvy pryže, operátor neměří tloušťku ručně posuvným měřítkem a uspoří 30min. času
- eliminace 1 operátora z důvodu menší náročnosti na obsluhu linky

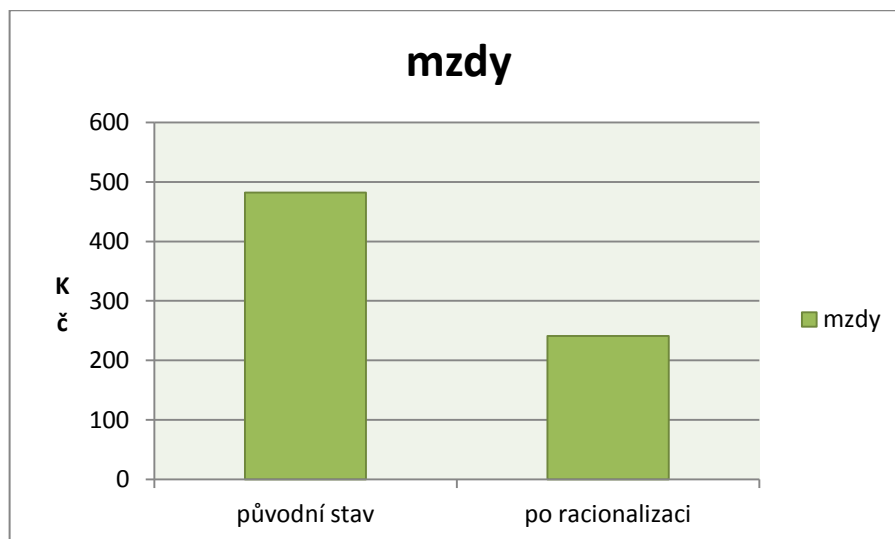
- zahájení intenzivního vyjednávání se společností Trelleborg, která směs Vamac vyrábí ve velkém objemu pro své vlastní výrobní závody hadic a je schopna nabídnout cenu 6EUR/kg
- při najíždění linky používat zbytky směsí z minulé dodávky i prošlých – úspora 50kg pryže = 10000Kč, při výrobním lotu 10000metrů se jedná o snížení nákladů na materiál 1000kč/1000m
- změna dodavatele elektřiny, plynu a investice do výměníku odpadního tepla, které vzniká při vulkanizaci úspora až 10%
- zahájení jednání se zákazníkem o možné změně materiálu Vamac za levnější konkurenční produkt, týká se nových projektů. Úspora až 50%.

EXTRUZE 1.VRSTVA			
	původní stav	po racionalizaci	% úspora
materiál	21115	16580	21,5%
mzdy	482	241	50,0%
režie	979	881	10,0%

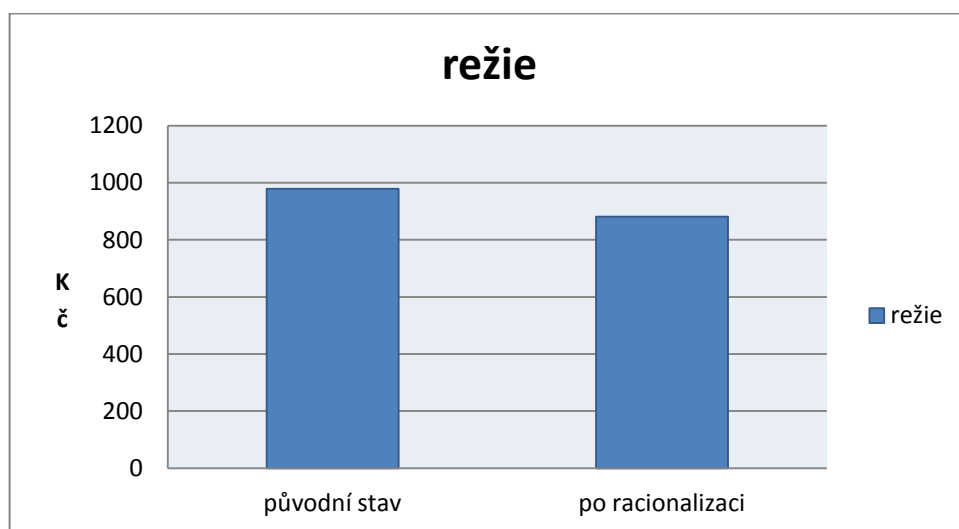
**Tab. 5. Úspory v operaci Extruze 1.vrstvy**



**Graf 1 – Změna nákladové položky materiál u operace Extruze 1. vrstva**



**Graf 2 – Změna nákladové položky mzdy u operace Extruze 1. vrstva**



**Graf 3 – Změna nákladové položky režie u operace Extruze 1.vrstva**

Doporučené opatření k zvýšení produktivity:

- délku používaných trnů, kratší trny musí operátor často spojovat a linka nemůže vyrábět maximální rychlostí
- časy čištění a najetí linky, vyšší rychlost operátorů u těchto operací
- zvýšit rychlost linky z 15/min. na 18m/min.tak, aby byly dodrženy kvalitativní požadavky
- zefektivnit následné chlazení horké pryže, zkrácení linky

- automatická výměna bubnů, na které se navíjí polotovar vyrobené hadice, není potřebná pomoc dalšího operátora

-

Po provedení těchto opatření jsme docílili zvýšení produktivity takto:

rychlost linky původní stav:

produktivita extruze 1 za směnu = rychlost linky\*(směnný čas-příprava)\*60

produktivita extruze 1 za směnu =  $15 \cdot (8 - 1.5) \cdot 60$

produktivita extruze 1 za směnu = 5850m/směnu

rychlost linky nový stav:

produktivita extruze 1 za směnu = rychlost linky\*(směnný čas-příprava)\*60

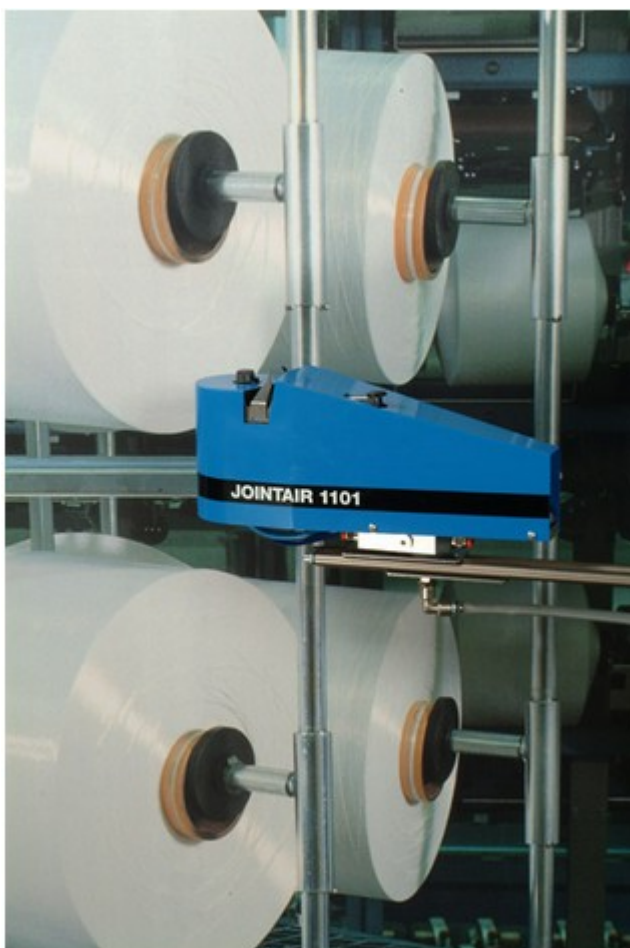
produktivita extruze 1 za směnu =  $18 \cdot (8 - 1) \cdot 60$

produktivita extruze 1 za směnu = 7560m/směnu

### 4.3. Oplétání

Na pracovišti oplétání hadic, kde se využívají pomalé, ale velmi spolehlivé oplétací stroje značky Herzog jsou velké prostoje z důvodu malé kapacity tohoto pracoviště. Z tohoto důvodu linka vnitřních vrstev nemůže produkovat větší množství metrů a pracovníci jsou využíváni na jiné operace ve výrobě. Zde je největší překážka pro plynulost výrobního procesu. Polotovary zde musí čekat na opletení. Investice do nových oplétacích strojů zrychlí proces oplétání o 500%! Lze použít oplétací stroje značky Wardwell či Karg.

Materiál opletu je také velice drahý. Tvoří ho patentované aramidové vlákno firmy DuPont. 1kg tohoto materiálu stojí 993Kč. Při výrobě se nespotebovává celé množství dodané cívky z důvodu absence spojovacího či svařovacího zařízení, kterým disponuje výrobce vlákna. Je nutno kontaktovat výrobce a investovat do spojovacího zařízení. Obnáší to další operaci převíjení, ale toto lze uskutečnit i při samotné výrobě hadic. Zvýšit produktivitu práce operátorů na pracovišti opletu.



**Obr. 15 – Spojovací vzduchová pistole od firmy Mesdan**

*Zdroj: Produktový katalog firmy Mesdan*

U operace oplétání činí náklady na 1000metrů hadice:

- materiál 15663 CZK/1000m
- režijní náklady 496 CZK/1000m
- náklady na zaměstnance 439 CZK/1000m

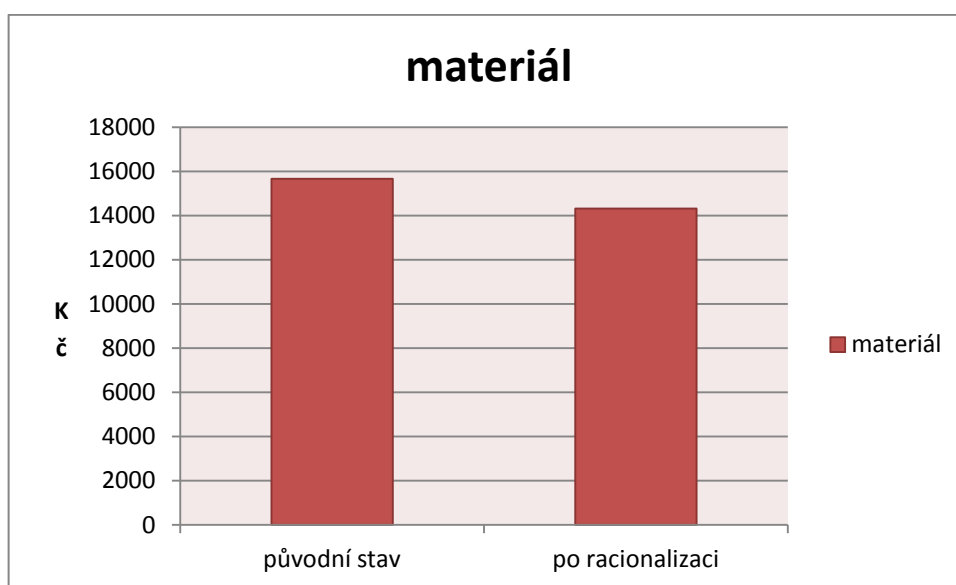
**Doporučené opatření vedoucí ke snížení nákladů u operace oplétání:**

- snížení odpadu oplétacího materiálu z 10% na 1% = úspora 1281CZK/1000m
- investice do nových oplétacích strojů = snížení nákladů na zaměstnance o 305 CZK/1000m
- změna dodavatele elektřiny, plynu a investice do výměníku odpadního tepla, které vzniká při vulkanizaci úspora až 10% = snížení nákladů o 43CZK/1000m

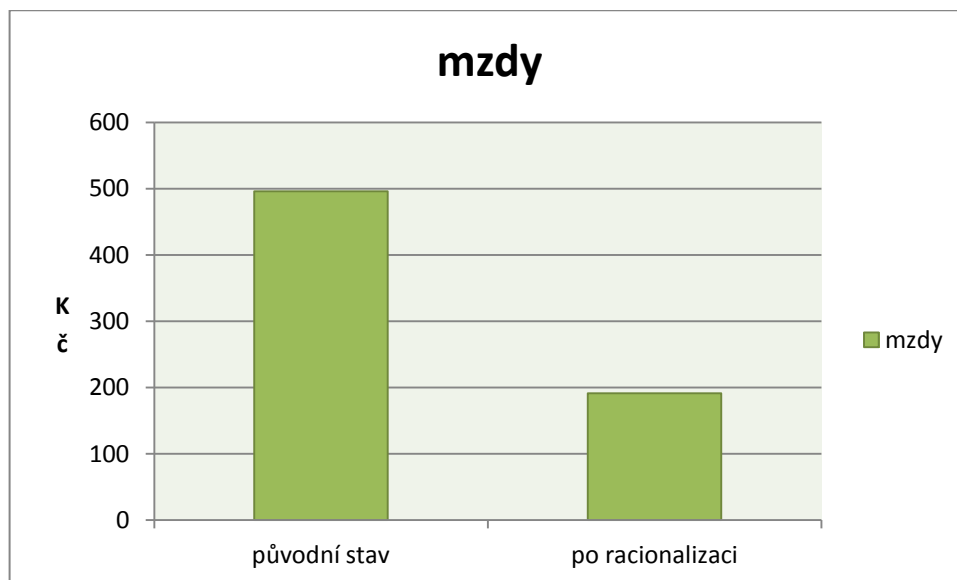
- zahájení jednání se zákazníkem o možné změně materiálu Kevlar za levnější konkurenční produkt od firmy Teijin, týká se nových projektů. Úspora až 60%.

OPLET			
	původní stav	po racionalizaci	% úspora
materiál	15663	14310	8,4%
mzdy	496	191	61,5%
režie	439	396	9,8%

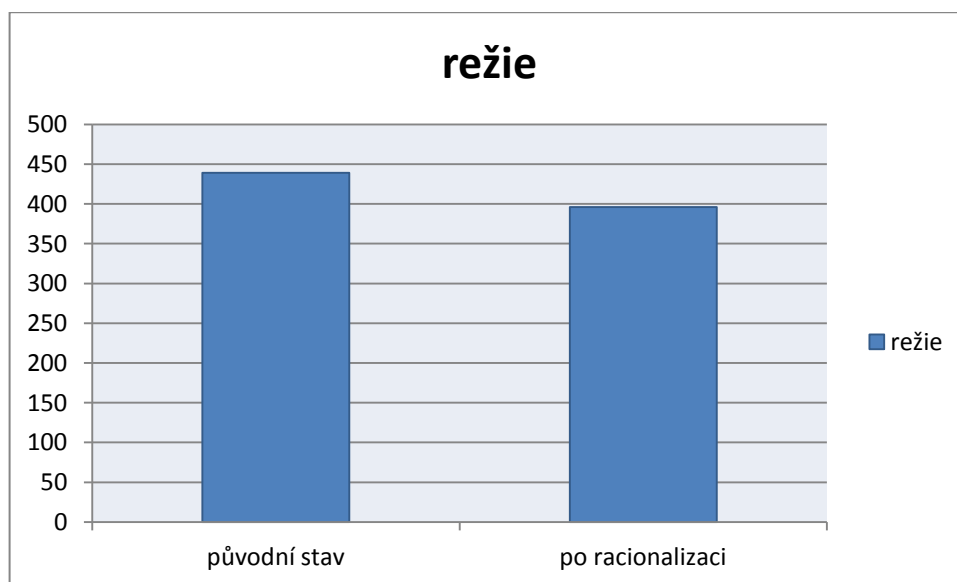
**Tab. 6. Úspory v operaci Oplétání**



**Graf 4 – Změna materiálových nákladů na vyrobených 1000m hadice u operace Oplet v Kč**



**Graf 5 – Změna mzdových nákladů na vyrobených 1000m hadice u operace Oplet v Kč**



**Graf 6 – Změna mzdových nákladů na vyrobených 1000m hadice u operace Oplet v Kč**

Další navrhovaná opatření ke zlepšení toku materiálu je eliminace a nahrazení dodavatelů z USA. Doba dodání oplétacích přízí je až 90dnů a cena dopravy hraje taktéž velkou roli. Při obdržení vstupního materiálu je nutno tento materiál skladovat delší dobu. Pro představu 1kg aramidového (obchodní značení Kevlar) vlákna stojí 993Kč. Na 1000metrů hadice 12,2x19,2mm spotřebujeme 14,34kg. Pro zajištění

měsíčního výstupu 100000kusů formovaných hadic potřebujeme 35000metrů hadice a tedy, spotřeba vlákna =  $35 \cdot 14,343 = 502\text{kg}$ .

Měsíční materiálové náklady na aramidové vlákno  $\frac{1}{2}'$  hadice činí:

$$502 \cdot 993 = 498486\text{Kč}$$

Z toho plyne, že společnosti leží peníze ve skladových zásobách, jelikož je nutno nakupovat materiál s 3měsíčním předstihem. Jen u hadice rozměru  $\frac{1}{2}'$  činí tato částka 1495458Kč.

#### **4.4. Extruze vnější vrstvy a TPX**

U vnější vrstvy realizované po opletu nemusíme být tak striktně opatrní a intolerantní vůči povrchovým vadám. Tato vrstva neovlivňuje poruchovost a tlakovou výdrž hadice. Jedná se pouze o prvek ochranný vůči nečistotám v motorovém prostoru. Z tohoto důvodu zde mohou být použity pryže z předešlé dodávky materiálu.

Pro dokonalý vzhled je využíváno finální nanášení TPX vrstvy, jenž nemá vliv na výdrž hadice (jaký max. tlak hadice vydrží), ale pouze se jedná o kosmetické řešení. Po vulkanizaci je nutno hadice z tohoto plastu oloupat a to nese řadu problémů a prostojů. Ochranný plast TPX od japonské firmy Mitsui je velice drahý. 1kg stojí 321Kč. Výhoda je v opakované použitelnosti. Dle zkušeností lze u směsí se sírovou vulkanizací použít 20krát.

U operace extruze 2. vrstvy s TPX činí náklady na 1000metrů hadice:

- materiál 23000 Kč/1000m
- režijní náklady 683 Kč/1000m
- náklady na zaměstnance 517 Kč/1000m

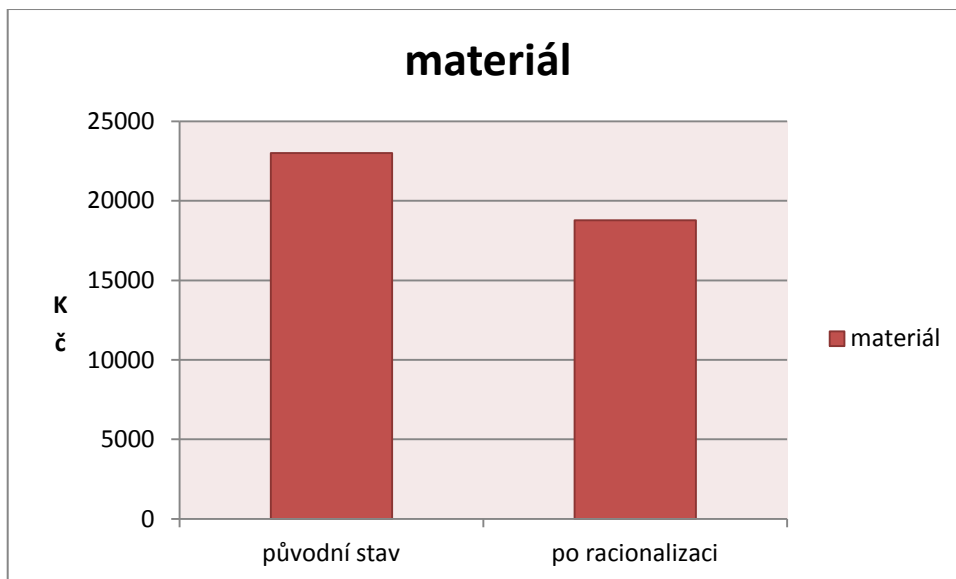


**Doporučené opatření vedoucí ke snížení nákladů u operace extruze 2. vrstvy pryže + ochranného plastického termoplastu:**

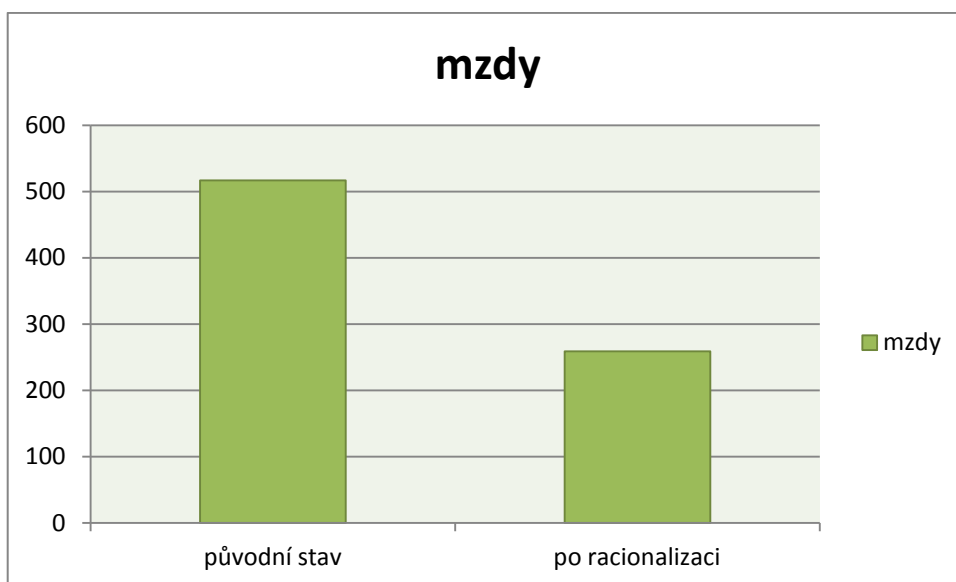
- změna dodavatele z Hexpol na Trelleborg z 23000 na 18775 CZK/1000m
- investice do automatického ukládání hadice na pánev ve výši 1mil.Kč přinese snížení nákladů na operátora z 517 CZK/1000m na 259 CZK/1000m
- optimalizace výrobních podmínek a zvýšení rychlosti linky o 20% na 18m/min.
- optimalizace směsi a upravení receptury Vamacu, zvýšení bezpečnosti směsi  $t_5$  o 1minutu
- investice do linky spojování trnů s vulkanizačním lisem 1mil.Kč
- investice do ultrazvukového měření tloušťky vrstvy pryže, operátor neměří tloušťku ručně posuvným měřítkem a uspoří 30min. času
- eliminace 1 operátora z důvodu menší náročnosti na obsluhu linky
- hledání konkurenčních alternativ za TPX, materiál se vyrábí v Japonsku – složitá a drahá logistika. Nutno objednávat předzásobu na 3měsíce. Firmě v těchto zásobách leží více než 1mil.Kč. Potenciální úspora až 50%.
- změna dodavatele elektřiny, plynu a investice do výměníku odpadního tepla, které vzniká při vulkanizaci úspora až 10% = snížení nákladů o 142CZK/1000m
- zahájení jednání se zákazníkem o možné změně materiálu Vamac za levnější konkurenční produkt, týká se nových projektů. Úspora až 80%. Povrchová vrstva hadice není přímo vystavena oleji. Jedná se spíše o náhodné potřísnění z motorového prostoru. Dle zkoušek francouzských automobilek lze použít výrazně levnější EPDM. Náklady na materiál u druhé vrstvy hadice je 24606CZK/1000m. Při změně tohoto materiálu na EPDM by došlo ke snížení ceny materiálu na 4920CZK/1000m.

EXTRUZE 2.VRSTVA+TPX			
	původní stav	po racionalizaci	% úspora
materiál	23000	18776	18,4%
mzdy	517	259	49,9%
režie	683	615	10,0%

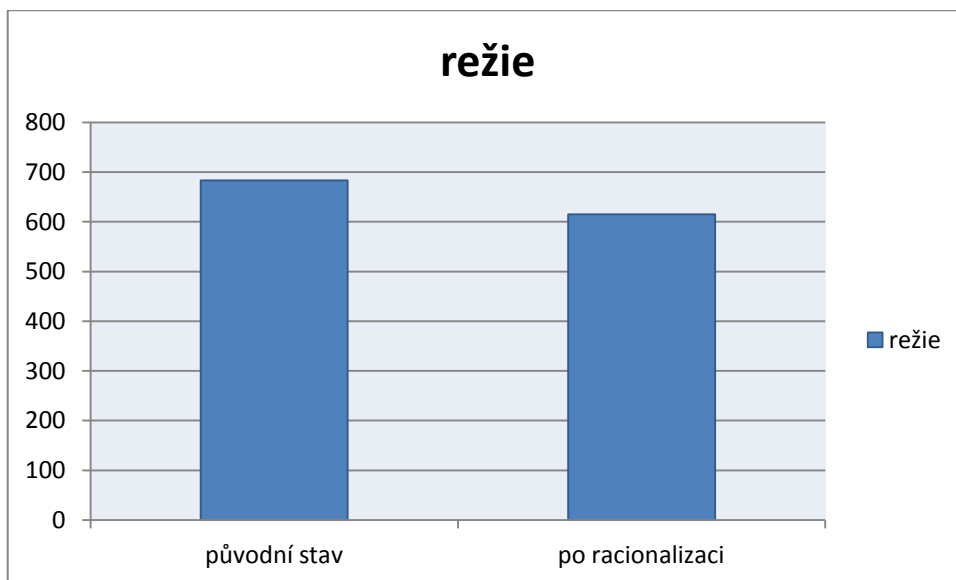
**Tab. 7. Úspory v operaci Oplétání**



**Graf 7 – Změna materiálových nákladů na vyrobených 1000m hadice u operace  
Extruze 2. vrstvy a TPX v Kč**



**Graf 8 – Změna mzdových nákladů na vyrobených 1000m hadice u operace  
Extruze 2. vrstvy a TPX v Kč**



**Graf 9 – Změna mzdových nákladů na vyrobených 1000m hadice u operace Extruze 2. vrstvy a TPX v Kč**

## 4.5. Loupání

U operace loupání provedu následující změny v procesu:

- změna konstrukce loupacího nože s vymezením
- vypínání horkovzdušných elektrických tunelů

Tato opatření se projeví v celkové úspoře elektrické energie. Předpokládanou úsporu nejsem schopen přesně vypočítat, jelikož plně závisí na operátorovi, zda –li tunely vypne v době jeho nepřítomnosti. Hodina provozu stojí 1000Kč. Předpokládám, že 4 hodiny denně budou tunely vypnuty tzn. celková úspora za rok bude:

roční úspora v Kč = počet pracovních dnů \* denní úspora

roční úspora v Kč =  $(365-113) * 4 * 1000$

roční úspora v Kč = 1008000

## 4.6. Vytlačování

Při operaci vytlačování jsou velké časové prostoje z důvodu velkého množství spojek mezi trny, které se používají k výrobě a také pomalá tlaková kontrola, která

není automatizovaná a je zde velké množství ruční práce. Ruční otáčení pánví pracovníkem a manipulace.

**Doporučené opatření vedoucí ke snížení nákladů u operace vytlačování:**

- investice do zařízení spojující trny, zvýšení rychlosti vytlačování o 20%
- používání lubrikantu umožňující rychlejší vytlačování o 20%
- investice 100tis.Kč do automatického otáčení pánví, úspora času operátora 10%
- změna lubrikantu z KM244F na vosk sníží výskyt vnitřních povrchových vad. Méně zmetků a zrychlení balení o 10%

VYTLAČOVÁNÍ			
	původní stav	po racionalizaci	% úspora
mzdy	1060	530	50,0%
režie	802	722	10,0%

**Tab. 8. Úspory v operaci Vytlačování**

## 4.7. Balení

Na pracovišti balení závisí úspěšnost celého procesu výroby. Pokud zde nastane problém s kvalitou hadic, časté praskání při tlakové zkoušce a nedisciplinovanost některých pracovníků, výstup požadovaných metrů zabalených hadic proti plánu razantně poklesne a s tím i množství prodaných metrů a výrobků za měsíc. Tento parametr je pro mistra výroby klíčový a je třeba se na něj nejvíce soustředit.

**Doporučené opatření vedoucí ke snížení nákladů u operace balení:**

- investice 100tis.Kč do automatického zaznamenávání vyrobených metrů a online sledování procesu balení hadic. Úspora času operátora 20%.
- investice 50tis.Kč do počítače a tiskárny SAP štítků, eliminace papírových výkazů, větší využívání počítačové evidence. Úspora času operátora 10%.
- investice do spojování trnů umožní rychlejší balení delších svitků. Úspora času 10%.
-

BALENÍ			
	původní stav	po racionalizaci	% úspora
mzdy	565	282	50,1%
režie	451	225	50,1%

**Tab. 9. Úspory v operaci Balení**

## 4.8. Sekání

Hadice se sekají před formováním na požadované délky předepsané ve výrobním předpisu pro konkrétní formovaný kus. Problémem u operace sekání je nutnost manuální kontroly operátora v délkovém měřidle. Následně i zakládá nasekané hadice do bedny.

### **Doporučené opatření vedoucí ke snížení nákladů u operace sekání:**

- investice 100tis.Kč do automatického měření nasekaných délek hadice
- čtecí systém čárového kódu, jaká požadovaná délka se má sekat dle výrobního předpisu. Úspora času operátora 10%.
- investice do automatického shazovacího a zakládacího stolu 400tis.Kč. Úspora času operátora 60%
- investice 50tis.Kč do počítače a tiskárny SAP štítků, eliminace papírových výkazů, využívání počítačové evidence. Úspora času operátora 10%.
- operátor pouze zavede svitky do odtahu sekačky a načte čárový kód z výrobního předpisu, poté se přesune na pracoviště otočného potisku

## 4.9. Formování

Hadice se ručně nasazují na trny a používá se pro jejich sklouznutí po trnu lubrikant. Tento lubrikant vlivem teploty degraduje, roztopí se do tekutého stavu a z trnů, které jsou šikmo nakloněny, vyteče ven z hadice. Díky tomu, se pryž připeče na kovový trn a hadice jde velmi obtížně sundat.

### **Doporučené opatření vedoucí ke snížení nákladů u operace balení:**

- lubrikant KM244F nahradit lubrikantem TM-411B-2 od firmy RCONY [8], úspora času stahování hadic 10%
- investice 1mil.Kč do pneumatického stahovače hadic, úspora času stahování 20%
- snížení vulkanizačního času o 50%, pec nevychladne z důvodu rychlého sundání z vulkanizovaných hadic
- zrušení polštářkového potisku a investice do otočného zařízení s převodovkou a odečítacím kolem ve výši 100tis.Kč
- zvýšení produktivity sníží spotřebu elektřiny o 50% a změna dodavatelů energie uspoří 10%
- investice 3mil.Kč do automatického zařízení kontroly 3D tvaru hadice, plastové přípravky pouze pro ruční ověření. Zrušení 2 operátorů kontroly a v kombinaci s pneumatickým stahovačem hadic úspora nákladů na mzdách 33,3%.

FORMOVÁNÍ			
	původní stav	po racionalizaci	% úspora
Mzdy	1765	1177	33,3%
Režie	1430	1015	29,0%

**Tab. 10. Úspory v operaci Formování**

## **V. Celkové zhodnocení**

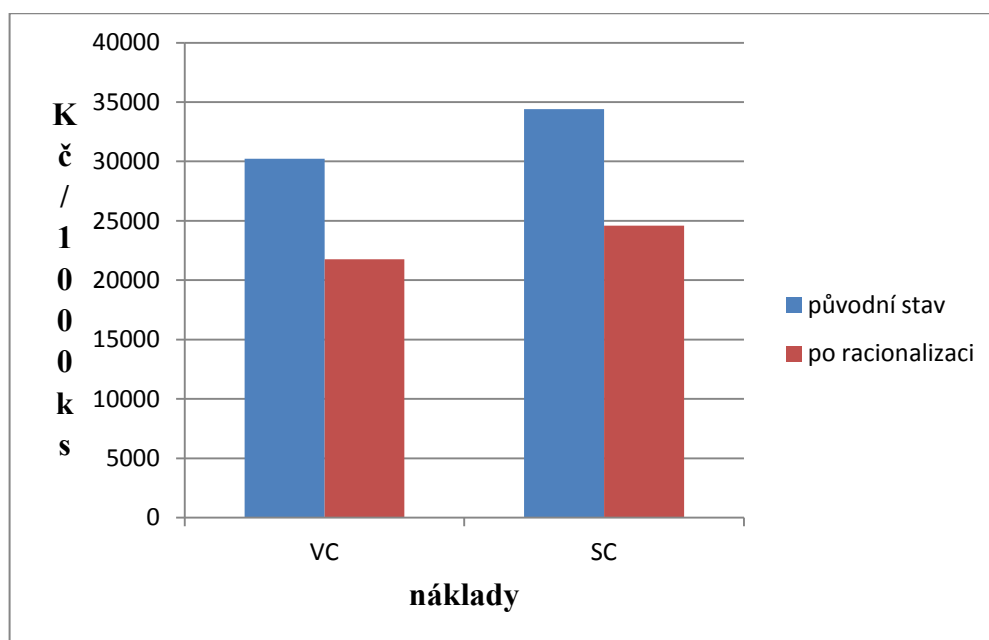
Díky navrženým optimalizacím, změnám v procesu výroby a investicím do nových zařízení byly dosaženy následující výsledky:

- snížení variabilních a standardních nákladů o 28% na 1000metrů vyrobené půlcoulové hadice určené pro formování
- zvýšení výrobní kapacity závodu produktivnějším oplétacím strojem KARG o 100%
- zvýšením produktivity na pracovišti sekání a formování byl snížen počet operátorů o 2 na směnu, v peněžním vyjádření se jedná o úsporu 3,13mil. Kč

- úpravou vulkanizačních časů, aplikací nového lubrikantu a zrychlením stahování hadic pneumatickým stahovákem bylo dosaženo snížení ceny u formovaného kusu délky 300mm o 28% ve variabilních nákladech
- spojováním aramidového vlákna bylo docíleno snížení odpadu na operaci oplétání z 5% na 0,5%
- spotřeba energií snížena o 20% a cena u alternativních dodavatelů nižší o 10%
- spojováním trnů ve vulkanizačním lisu se snížil odpad na operaci balení ze 6% na 2%

PŮVODNÍ STAV NÁKLADOVÝCH POLOŽEK PRO 1000 FORMOVANÝCH KUSŮ DÉLKY 300mm		
	VAR.NÁKLADY V KČ	STANDARD.NÁKLADY V KČ
materiál	21671	23410
mzdy	4727	4727
režie	3830	6259
<b>CELKEM</b>	<b>30228</b>	<b>34396</b>
STAV NÁKLADOVÝCH POLOŽEK PO RACIONALIZACI PRO 1000 FORMOVANÝCH KUSŮ DÉLKY 300mm		
	VAR.NÁKLADY V KČ	STANDARD.NÁKLADY V KČ
materiál	18074	20410
mzdy	1912	1912
režie	1771	2259
<b>CELKEM</b>	<b>21757</b>	<b>24581</b>

**Tab. 11. Nákladové položky u formovaného kusu délky 300mm – před a po racionalizaci**



**Graf 10 – Změna nákladů na vyrobených 1000m hadice u finálního výrobku délky 300mm po racionalizaci**

V tabulce uvádím roční návratnost investice do výroby

NÁVRATNOST INVESTIC DO VÝROBY		
PŘEDMĚT INVESTICE	INVESTICE v tis. Kč	ROČNÍ ÚSPORA v tis. Kč
Opletací stroj Karg 24 HX	2500	2000
Ultrazvukové měření tloušťky	300	100
Linka spojování trnů	1000	400
Automatické navíjení bubnu	400	50
Automatické pokládání hadice na pánev	1000	330
Sušička rukavic	30	50
Automatické otáčení pánve u vytlačování	100	270
Automatické zaznamenání vyrobených metrů u balení	100	80
Sekání-automatický shazovací a zakládací stůl	400	150
Automatické měření nasekaných hadic	100	20
Pneumatický stahovač hadic	1000	240
Automatické zařízení kontroly 3D tvarů formovaných hadic	3000	720
<b>CELKEM</b>	<b>9930</b>	<b>4410</b>

**Tab. 12. Roční návratnost investic do výroby**



## VI. Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo provést analýzu současného stavu výroby pryžových olejových hadic a navrhnout opatření ke snížení nákladů na polotovary hadice používaný k formování a také úpravu procesu samotného formování.

Analýzou procesů jsem našel úzké místo na pracovišti opletu a navrhl řešení v investici do opletačského stroje s vyšší produktivitou opletování. Podnik byl schopen vyrábět pouze 3 mil. metrů hadice, po investici do opletačského stroje je schopen zvýšit roční výrobu hadic na 6 mil. metrů. Toto se v budoucích letech pozitivně projeví na celkovém obrátu firmy, jelikož v minulosti musel odmítat některé zakázky.

Další rozvoj firmy podpoří zavedení vyššího stupně organizace práce využitím počítačové evidence a úplného odstranění záznamů vedených v papírové podobě. Zavést řádnou evidenci stavu materiálu do firmy vstupující i vystupující. Důležité je sledovat odpad na jednotlivých operacích a hledat příčiny proč tomu tak je. V gumárenském průmyslu se množství odpadu na jednotlivých operacích pohybuje od 3-10% což je ve srovnání se strojírenskou výrobou např. obrábění nemyslitelné. V gumárenském průmyslu je proces výroby o něco složitější v důsledku horší stability materiálu. Lidský faktor a zkušenosti zde hrají velice klíčovou roli.

Zdroje:

- 1] [http://www.dupont.com/content/dam/dupont/products-and-services/fabrics-fibers-and-nonwovens/fibers/documents/DPT\\_Kevlar\\_Technical\\_Guide\\_Revised.pdf](http://www.dupont.com/content/dam/dupont/products-and-services/fabrics-fibers-and-nonwovens/fibers/documents/DPT_Kevlar_Technical_Guide_Revised.pdf)
- 2] Maláč J., Gumárenská technologie, UTB Zlín 1994, kapitola zkoušky
- 3] Novák J. Organizace a řízení, VŠB-TU Ostrava, 2006
- 4] Vnitropodnikové účetnictví. 1. vydání., HANUŠOVÁ, H.Brno: CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3373-1. S. 52.
- 5] <http://www.accountingcoach.com/standard-costing/explanation>
- 6] Schindlerová V., Podnikatelský záměr, VŠB-TU Ostrava 2012 s.134 a 126
- 7] [http://is.muni.cz/.../DP\\_99640\\_zkracena\\_verze\\_dle\\_prani\\_podniku.pdf](http://is.muni.cz/.../DP_99640_zkracena_verze_dle_prani_podniku.pdf)
- 8] <http://www.rcony.com/products.asp>

## **SEZNAM OBRÁZKŮ:**

**Obr. 1 – Formovaná armovaná hadice**

**Obr. 2 – Schéma výroby hadic**

**Obr. 3 – extruder Krauss Maffei Berstorff pro vytlačování**

**Obr. 4 – Navíjecí zařízení s bubnem**

**Obr. 5 – Princip oplétání hadice 1 vlákno s 9 cívkami**

**Obr. 6 – Oplétací stroj Karg 24 HX s vysokou produktivitou**

**Obr. 7 – Hadice po extruzi 2. vrstvy s barevným identifikačním potiskem**

**Obr. 8 – Autokláv od české firmy ZVU Hradec Králové**

**Obr. 9 – Kontrolní zařízení tlakového testu**

**Obr. 10 – Schéma výroby formovaných hadic**

**Obr. 11 – Sekačka Gillard pro přesné a automatické sekání hadic**

**Obr. 12 – Ukázka nerezového trnu**

**Obr. 13 – Kontrolní přípravek formovaných hadic**

**Obr. 14 – Princip potisku potiskovací hlavou**

**Obr. 15 – Spojovací vzduchová pistole od firmy Mesdan**

## **SEZNAM TABULEK:**

**Tab. 1. Výrobní portfolio hadic s přehledem použitých materiálů a operací**

**Tab. 2. Přehled roční využitelnosti časového fondu, roční celkové kapacity u jednotlivých operací a procentuální využitelnost při výstupu 3mil.metrů hadic**

**Tab. 3. Ukázka výpočtu variabilních (VC) a standardních (SC) nákladů na 1000metrů hadice před racionalizací**

**Tab. 4. Ukázka skutečných nákladů na režie a mzdy ve výrobním podniku před racionalizací na 1000metrů hadice**

**Tab. 5. Úspory v operaci Extruze 1.vrstvy**

**Tab. 6. Úspory v operaci Oplétání**

**Tab. 7. Úspory v operaci Oplétání**

**Tab. 8. Úspory v operaci Vytlačování**

**Tab. 9. Úspory v operaci Balení**

**Tab. 10. Úspory v operaci Formování**

**Tab. 11. Nákladové položky u formovaného kusu délky 300mm – před a po racionalizaci**

**Tab. 12. Roční návratnost investic do výroby**

## **SEZNAM PŘÍLOH:**

Příloha č. 1: Výrobní postup polotovaru hadice

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Josefu Novákovi, CSc. za odborné vedení, cenné podněty a připomínky, které mi poskytl při vypracování diplomové práce. Velice si vážím jeho odbornosti a zkušeností z praxe v oboru průmyslového inženýrství.



03 - VNĚJŠÍ VRSTVA PRYŽE									
Směs	Vamac				Směs:				
OD [±0.3mm]	▲ 19.2				Číslo šarže:				
Vakuum:				-0.5 to -1.0 bar					
Lis 120mm - teploty				Rychlost linky 15 m/min +/- 2m/min					
Najížděcí teploty:				Teploty:					
šnek	podávací zóna	válec 1	válec 2	hlava	forma	Teplota raytek za hlavou max 105°C:			
85 ± 5°C	65 ± 5°C	80 ± 5°C	85 ± 5°C	95 ± 5°C	99 ± 5°C	Teplota raytek za chlazením max 80°C:			
Provozní teploty:						Vakuum:			
70 ± 5°C	65 ± 5°C	65 ± 5°C	70 ± 5°C	75 ± 5°C	75 ± 5°C	Rychlost linky:			
Pin+/-0.4[mm]	18.0	Sito [mesh]	25			Pin:		Die:	
Die+/-0.4[mm]	19.2	Podložka [mm]	0.8	laser +6V:	25.200	Nastavení laseru:		Čas:	
Pánev:	1vrstva!	Barva inkoustu	Bílá	laser -6V:	13.200	Vypracoval:		Datum:	
Vrchní potisk:						Date Code & čas tištěný na hadici:			
Spodní potisk: TOC-122-Vamac ddd-y-hhmm-ss opakovat každých 10mm velikost písma2-3 mm									
Mazání	ne		Mazání pávní:	ne		Číslo pávní:		1 2	
						3 4 5 6 7 8			
04 - VNĚJŠÍ VRSTVA PLASTU									
Plast:	TPX				Nastavení laseru				
OD [±1.0mm]	0.953 24.2				Teploty:				
				Lis 120 mm - teploty		Pin:			
				TU1 250 ±20°C		Die:			
				TU2 250 ±20°C		Číslo pávní:			
				TU3 250 ±20°C		3 4 5 6 7 8			
				TU4 250 ±20°C		Vypracoval:			
Pin+/-1.0[mm]	22	Sito [mesh]	15.6	TU5 250 ±20°C		Datum:			
Die+/-1.0[mm]	24.9	laser +6V:	30.200	TU6 250 ±20°C					
				18.2 TU7 250 ±20°C					
10 - VULKANIZACE									
První vulk. - číslo receptury:				27		Vypracoval:			
Čas:				15 +5/-0min		Datum:			
Teplota:				145°C +/- 2°C		Čas:			
11 - LOUPÁNÍ									
Loupání:				Teplota:		60°C		Vypracoval:	
								Datum:	
Označení nože:				1.9				Číslo pávní:	
								1 2	
								3 4 5 6 7 8	
12 - VYTLAČOVÁNÍ									
Vytlačování trnu:				Tlak[±0.5 MPa]		3		Vypracoval:	
Hubice [mm]				12.0		Kleštiny [mm]		12.0	
								Datum:	
13 - 2. VULKANIZACE									
14 - TLAKOVÝ TEST									
Tlakový test:				Tlak:		3.0 Mpa +/- 0.5 mpa			
				Čas:		2 min +/- 10 sec			
				Čas sušení:		30 sec. +/- 5 sec			
15 - BALENÍ									
Inspekce:	ID:	▲	11,9 - 12.5mm	OD:	▲	18,8 - 19.60mm	Vypracoval:		Datum:
Koncentricita			max 0.8 mm	Adheze:		min. 2.0 N/mm			
Tloušťka stěny			3,0 - 4,0mm						
Tlak k přetržení									
16 - TLAKOVÝ TEST									
čas testu [s]		> 120	Tryska [mm]	14.7					
testovací tlak [bar]		30	Čelisti [mm]	18.2					
OZNAČ ŠTÍTKY SLOVEM "OK" POKUD NEDOŠLO K ÚNIKU									
17 - FINÁLNÍ BALENÍ									
Formované:	Max. délka	Počet ks	Balení	Min. délka					
Svítek:	35M	1	bedna	1metr					
						▲ Special Characteristic Kritická charakteristika			